江苏省示范性高职院校建设成果

职业院校电子类专业规划教材

电子产品组装调试与维修

李洪群　闫丽华　主编

電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
http://www.phei.com.cn

VISIT…

LANZAROTE Caliente.COM

江苏省示范性高职院校建设成果
职业院校电子类专业规划教材

电子产品组装调试与维修

李洪群　闫丽华　主　编
荣雪琴　居敏花　王　勤　吴冬燕　副主编
许顺德　主　审

電子工業出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以电子产品组装、调试、维修基本职业技能的培养为主线，以示波器及电动自行车充电器为载体，以工作任务为中心组织内容，让学生在完成具体项目的过程中构建相关理论知识。培养学生熟练掌握电子产品组装、调试与维修的主要操作技能；提高学生应用常用电子仪器的能力、电子产品生产工艺调试工艺的执行能力、对电子产品故障的诊断、分析和排除能力以及安全和质量意识。全书共分四个项目，15 个任务，包括示波器的整机组装、示波器的检测与调试、示波器故障分析与维修、电动自行车电池充电器的安装调试与维修。

本书可作为高等学校、高职高专应用电子、电子信息类及相关专业高技能型人才培养的教材，也可供工程技术人员参考使用。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目（CIP）数据

电子产品组装调试与维修/李洪群，闫丽华主编. —北京：电子工业出版社，2014. 7
职业院校电子类专业规划教材
ISBN 978-7-121-23831-4

Ⅰ. ① 电…　Ⅱ. ① 李…　② 闫…　Ⅲ. ① 电子设备－装配（机械）－高等职业教育－教材　② 电子设备－调试方法－高等职业教育－教材　③ 电子设备－维修－高等职业教育－教材　Ⅳ. ① TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 156995 号

责任编辑：贺志洪　　特约编辑：张晓雪　王　纲
印　　刷：三河市鑫金马印装有限公司
装　　订：三河市鑫金马印装有限公司
出版发行：电子工业出版社
北京市海淀区万寿路 173 信箱　邮编 100036
开　　本：787 × 1 092　1/16　印张：11　字数：278 千字
版　　次：2014 年 7 月第 1 版
印　　次：2014 年 7 月第 1 次印刷
印　　数：2 000 册　　定价：27. 00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@ phei. com. cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@ phei. com. cn。

服务热线：（010）88258888。

前　　言

本书是依据高职教育高技能型人才的培养要求和办学特点，由校企共同开发的，供高职高专应用电子及相近专业课程的教学使用。其任务是培养学生熟练掌握电子产品组装、调试与维修的主要操作技能；全面提高学生应用常用电子仪器的能力、电子产品生产工艺调试工艺的执行能力、对电子产品故障的诊断、分析和排除能力以及贯穿始终的安全和质量意识。

本书课程立足于实际能力培养，对课程内容的选择标准作了根本性改革，打破以知识传授为主要特征的传统学科课程模式，转变为以工作任务为中心组织课程内容和课程教学，让学生在完成具体项目的过程中来构建相关理论知识，并发展职业能力。主要特点如下：

（1）课程内容突出对学生职业能力的训练，理论知识的选取紧紧围绕工作任务完成的需要来进行，同时又充分考虑了高等职业教育对理论知识学习的需要，并融合了相关职业资格证书对知识、技能和态度的要求。

（2）按照情境学习理论的观点，只有在实际情境中学生才可能获得真正的职业能力，并获得理论认知水平的发展，因此本课程打破了纯粹讲述的教学方式，实施项目教学以改变学与教。这是教学模式的一个重大转变，要有力地推动这一转变，需要以项目为载体来组织课程内容。本课程确定了以 HE6105 示波器和快达 DZ－2－48 型电动自行车电池充电器为项目载体，示波器是电子产品设计、生产、维修等领域的必备的电子设备，具有普遍性，HE6105 示波器是校企合作开发的，线路板中较多使用集成芯片和贴片元件，线路图原理清晰具有典型性，结构简单学生较容易上手，能有效地促进学生职业能力发展；而快达 DZ－2－48 型电动自行车电池充电器是开关电源的典型应用，能较好地体现新工艺、新技术。通过对典型产品生产过程的提炼，学生可获得比较完整的电子产品组装、调试与维修岗位的能力。

（3）电子产品种类繁多，不同产品的组装、调试与维修有很大区别，即涉及组装工艺、调试内容、维修方法等方面都有所不同。特别是随着电子产品集成规模的扩大，需调试的参数和维修的零部件已越来越少。经过与企业工程师深入、细致、系统的讨论分析，本课程最终确定了以 HE6105 示波器和快达 DZ－2－48 型电动自行车电池充电器（开关电源）为载体完成四个项目：HE6105 示波器的整机组装、HE6105 示波器的检测与调试、HE6105 示波器故障分析与维修、电动自行车电池充电器的安装调试与维修。从单元电路到整机，从分列元件到集成电路，从局部到全局，从简到繁循序渐进的训练学生电子产品组装、调试与维修的操作技能。

本书由苏州工业职业技术学院李洪群、闫丽华任主编，荣雪琴、居敏花、王勤、吴冬燕任副主编。具体分工为：居敏花编写项目一；荣雪琴编写项目二；吴冬燕、李洪群编写项目三；王勤编写项目四。全书由李洪群、闫丽华负责统稿，企业工程师许顺德参与编写和审定。特在此对本书出版给予支持帮助的单位和个人表示诚挚的感谢！

由于作者水平有限，加之时间仓促，书中的错误和不足在所难免，真诚希望得到广大专家和读者的批评和指正。

编　者

目　　录

项目一　HE6105 型示波器的整机组装 …… 1

任务 1-1　电子元器件的检测与焊接 …… 1

一、工作任务描述 …… 1

二、工作任务实施 …… 2

三、实施步骤及要点 …… 2

四、练习与思考 …… 13

任务 1-2　导线的处理与连接 …… 13

一、工作任务描述 …… 13

二、工作任务实施 …… 14

三、实施步骤及要点 …… 14

四、练习与思考 …… 24

任务 1-3　示波器的整机装配 …… 24

一、工作任务描述 …… 25

二、工作任务实施 …… 25

三、实施步骤及要点 …… 25

四、练习与思考 …… 28

项目二　HE6105 型示波器的检测与调试 …… 29

任务 2-1　主机系统的检测与调试 …… 29

一、工作任务描述 …… 29

二、工作任务实施 …… 30

三、实施步骤及要点 …… 30

四、练习与思考 …… 38

任务 2-2　垂直系统的检测与调试 …… 38

一、工作任务描述 …… 38

二、工作任务实施 …… 39

三、实施步骤及要点 …… 39

四、练习与思考 …… 46

任务 2-3　水平系统的检测与调试 …… 46

一、工作任务描述 …… 46

二、工作任务实施 …… 47

三、实施步骤及要点 …… 47

四、练习与思考 …… 62

任务 2-4　整机系统的检测与调试 …… 63
一、工作任务描述 …… 63
二、工作任务实施 …… 63
三、实施步骤及要点 …… 64
四、练习与思考 …… 72

项目三　HE6105 型示波器故障分析与维修 …… 73

任务 3-1　电源电路故障分析与维修 …… 73
一、工作任务描述 …… 73
二、工作任务实施 …… 74
三、实施步骤及要点 …… 74
四、练习与思考 …… 78
五、拓展训练 …… 78
任务 3-2　*Y* 轴系统故障分析与维修 …… 78
一、工作任务描述 …… 79
二、工作任务实施 …… 79
三、实施步骤及要点 …… 79
四、练习与思考 …… 86
五、拓展训练 …… 86
任务 3-3　扫描系统故障分析与维修 …… 88
一、工作任务描述 …… 88
二、工作任务实施 …… 88
三、实施步骤及要点 …… 89
四、练习与思考 …… 93
五、拓展训练 …… 93
任务 3-4　触发电路故障分析与维修 …… 94
一、工作任务描述 …… 95
二、工作任务实施 …… 95
三、实施步骤及要点 …… 95
四、练习与思考 …… 97
五、拓展训练 …… 97
任务 3-5　整机故障分析与维修 …… 97
一、工作任务描述 …… 98
二、工作任务实施 …… 98
三、实施步骤及要点 …… 98
四、练习与思考 …… 103
五、拓展训练 …… 103

项目四　电动自行车电池充电器的安装调试与维修 …… 104

任务 4-1　充电器的焊接、组装 …… 104

一、工作任务描述 …… 104

二、工作任务实施 …… 105

三、实施步骤及要点 …… 105

四、练习与思考 …… 112

五、拓展训练 …… 112

任务 4-2　充电器原理图识读 …… 113

一、工作任务描述 …… 113

二、工作任务实施 …… 113

三、实施步骤及要点 …… 113

四、练习与思考 …… 121

五、拓展训练 …… 121

任务 4-3　充电器调试与维修 …… 127

一、工作任务描述 …… 127

二、工作任务实施 …… 127

三、实施步骤及要点 …… 128

四、练习与思考 …… 131

五、拓展训练 …… 132

附录 A　IPC 620 部分标准摘录 …… 133

附录 B　ADS1000 系列数字存储示波器 …… 151

附录 C　ATF ××B 系列 DDS 函数信号发生器 …… 161

参考文献 …… 165

项目一

HE6105 型示波器的整机组装

电子产品的整机组装过程即为整机的装接工序，就是以设计文件为依据，按照工艺文件的工艺规程和具体要求，把各种电子元器件、机电元件及结构件装连在印制电路板、机壳、面板等指定位置上，构成具有一定功能的、完整的电子产品的过程。

本项目以 HE6105 型示波器为载体，通过一定理论知识的学习和实践技能的训练，以教师讲解、小组（2 人为宜）操作的形式，开展示波器的整机组装实践活动。将示波器的整机组装分成三个模块，即通过电子元器件的检测与焊接→导线的处理与连接→示波器的整机装配三个任务的学习，由小到大、由易到难，由局部到整体，使学生掌握电子产品整机组装的技能。

任务 1–1 电子元器件的检测与焊接

在本任务中，将对挡级开关电路板上的电子元器件进行检测与焊接。通过本任务，需掌握以下内容：

- 掌握电子产品生产工艺文件的编制方法；
- 熟练掌握万用表检测元器件的方法；
- 熟练掌握元器件、电路板的加工方法；
- 熟练掌握元件焊接的规范和技巧；
- 培养安全正确操作仪器的习惯、严谨的做事风格和协作意识。

【重点知识与关键能力要求】

重点知识要求：

- 电子产品生产工艺文件的种类、格式、用途、编制方法；
- 元器件、电路板的加工方法。

关键能力要求：

- 元器件的焊接。

一、工作任务描述

客户提供了一套 HE6105 型示波器套件，要求完成挡级开关电路板上的电子元器件的检测与焊接工作。

【任务要求】

● 电子产品组装工艺文件的识读与编写；
● 元器件的检测与加工；
● 电子产品整机电路图的识读；
● 元器件的插装与焊接。

【任务环境】

● 两人一组，根据工作任务进行合理分工；
● 每组配套电子产品整机 HE6105 型示波器套件一套；
● 每组配套 HE6105 型示波器整机组装工艺文件一套；
● 每组配套指针式万用表和数字式万用表各一只，焊接装配工具一套（电烙铁、尖嘴钳、斜口钳、剥线钳、各种规格的螺丝刀、剪刀、镊子等）。

二、工作任务实施

子任务 1：电子产品组装工艺文件的识读与编写。

请思考：电子产品组装工艺文件的种类、格式、用途有哪些？

子任务 2：元器件的检测与加工。

请思考：电子产品装配前的准备工作有哪些？元器件的加工包含哪些内容？

子任务 3：电子产品整机电路图的识读。
子任务 4：元器件的插装与焊接。

请思考：选择元器件插装方式的依据是什么？焊点质量判断标准清楚吗？如不清楚，请查阅 IPC－A－620D 相关标准。

三、实施步骤及要点

（一）示波器整机组装工艺文件的识读与编写

1. 示波器整机组装工艺文件的识读

工艺是将相应的原材料、元器件、半成品等加工或装配成产品的方法和过程。工艺通常以工艺文件的形式来表示。

工艺文件是指导产品加工过程中的书面文件，包括专业工艺规程、各具体工艺说明及简图、产品检验说明（方式、步骤、程序等）。这类文件一般有专用格式，具体包括工艺文件封面、工艺文件目录、工艺文件更改通知单、工艺文件明细表。

（1）工艺文件的格式

电子整机产品工艺文件的格式现在基本按照电子行业标准 SJ/T1324—1992 执行，应根据具体电子整机产品的复杂程度及生产的实际情况，按照规范进行编写，并配齐成套，装订成册。

（2）工艺文件的格式要求

① 工艺文件要有一定的格式和幅面，图幅大小应符合有关标准，并保证工艺文件的成

套性。

② 文件中的字体要正规，图形要正确，书写应清楚。

③ 所用产品的名称、编号、图号、符号、材料和元器件代号等应与设计文件保持一致。

④ 安装图在工艺文件中可以按照工序全部绘制，也可以只按照各工序安装件的顺序，参照设计文件安装。

⑤ 线扎图尽量采用 1∶1 图样，以便于准确捆扎和排线。大型线把可用几幅图样拼接或用剖视图标注尺寸。

⑥ 在装配接线图中，连接线的接点要明确，接线部位要清楚，必要时产品内部的接线可假设移出展开。各种导线的标记由工艺文件决定。

⑦ 工序安装图基本轮廓相似、安装层次表示清楚即可，不必全按实样绘制。

⑧ 焊接工序应画出接线图，各元器件的焊接点方向和位置应画出示意图。

⑨ 编制成的工艺文件要执行审核、批准等手续。

⑩ 当设备更新和进行技术革新时应及时修订工艺文件。

请阅读 HE6105 型示波器整机装配工艺文件（包括工艺文件封面、工艺文件目录、元器件明细工艺表、导线及线扎加工表、装配工艺过程卡、工艺说明及简图），核对它们的数量。

2. 示波器整机组装工艺文件的编写

（1）工艺文件封面的编写

请根据给出的示波器装配工艺文件，完成图 1-1 所示 HE6105 型示波器装配工艺文件封面的相关内容。

工 艺 文 件

产品型号 ______________________________

产品名称 ____________

产品图号 ____________

本册内容 ____

第 1 册
共 6 页
共 1 册

批准

2012 年 7 月 1 日

苏州工业职业技术学院

图 1-1 HE6105 型示波器装配工艺文件封面

（2）工艺文件目录的编写

根据给出的示波器装配工艺文件，完成表 1-1 所示 HE6105 型示波器生产工艺文件目录的相关内容。

表 1–1 HE6105 型示波器生产工艺文件目录

<table>
<tr><td rowspan="8"></td><td rowspan="2"></td><td colspan="3" rowspan="2">工艺文件目录</td><td colspan="4">生产型号和名称</td><td>产品图号</td></tr>
<tr><td colspan="4">HE6105 型示波器</td><td>001</td></tr>
<tr><td>序号</td><td colspan="6">工艺文件目录</td><td>页数</td><td>备注</td></tr>
<tr><td>1</td><td colspan="6"></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td colspan="6"></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td colspan="6"></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>4</td><td colspan="6"></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>5</td><td colspan="6"></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td>6</td><td colspan="6"></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>底图总号</td><td>更改标记</td><td>数量</td><td>文件代号</td><td>签名</td><td>日期</td><td colspan="2">签名</td><td>日期</td><td rowspan="2">第 页</td></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>拟制</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>审核</td><td></td><td></td><td rowspan="2">共 页</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

（二）元器件的检测与加工

1. 元器件识别与检测

对照 HE6105 型示波器电路图、元器件清单，对 HE6105 型示波器套装材料进行清点与分类；对元器件进行外观质量检查和电气性能的筛选；用万用表等检测仪表对挡级开关电路板元器件进行检测，并将部分检测内容填入表 1–2 中。对缺少和已损坏的元器件进行登记，在教师确认后予以补齐和更换。

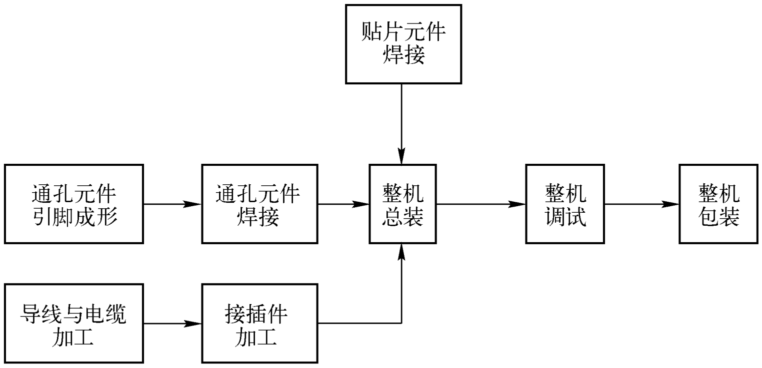
表 1–2 元器件的识别、检测

<table>
<tr><td>元 器 件</td><td colspan="4">识别及检测内容</td></tr>
<tr><td rowspan="3">电阻器 2 个</td><td></td><td>标称值（含误差）</td><td>测量值</td><td>测量挡级</td></tr>
<tr><td>6R3</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>6R7</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">电容器
2 个</td><td></td><td colspan="2">标称值（μF）</td><td>介质</td></tr>
<tr><td>6C1</td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td>6C3</td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
</table>

2. 元器件和电路板的加工

工艺流程图也叫做工艺路线表，是电子产品在生产过程中做工艺路线的简明显示用的，供企业有关部门作为组织生产的依据。如图 1–2 所示的 HE6105 型示波器的工艺流程图给出了 HE6105 型示波器手工装配生产工艺流程。

	工艺简图	生产型号和名称	产品图号
		HE6105型示波器	001



旧底图总号	更改标记	数量	更改单号	签名	日期		签名	日期	第1页	
						拟制				
						审核			共1页	
底图总号										
						标准化			第1册	第15页

图 1-2　HE6105 型示波器的工艺流程图

电子设备装配前的准备工序，也称加工工序，是指在整机装配或流水线生产前，将元器件、材料、工件等进行加工处理。它是整个生产过程中很关键的生产阶段，其内容包括：元器件成形、电路板加工、导线与电缆加工、接插件加工、线扎的制作及组合件的加工等工作。

元器件装配到基板之前，一般要进行引脚预处理和引脚成形加工，然后进行插装。引脚的预处理主要是引脚的表面清洁和搪锡。要求引脚预处理后，不允许有伤痕，而且镀锡层均匀，表面光滑，无毛刺和焊剂残留物。

（1）元器件引脚预处理

① 表面清洁。由于元器件的长期存放和储存，使元器件的引脚可焊性变差。这主要是元器件表面附有灰尘和杂质及氧化层造成的，因此元器件在装入印制板前需要对引脚进行处理，以保证不出现虚焊。首先应将元器件引脚上的杂质、氧化层去掉，具体方法是用砂纸、小刀或镊子等，沿着引脚方向距离元器件引脚根部 2 ~4mm 处向外刮，一边刮一边转动元器件引脚，将引脚上的氧化物彻底刮净为止。刮引脚时应注意，不能把元器件引脚上原有的镀层刮掉，同时不能用力过猛，以防止将引脚刮断或折断。

② 搪锡。搪锡就是预先在元器件的引脚、导线端头和各类线端子上挂上一层薄而均匀的焊锡，以便整机装配时顺利地进行焊接工作。元器件引脚的搪锡方法有电烙铁搪锡、搪锡槽搪锡和超声波搪锡。这三种方法的搪锡温度和搪锡时间如表 1-3 所示。搪锡槽搪锡和超

声波搪锡多见于工厂，学生实验时只能采用电烙铁搪锡。用加热的电烙铁去加热涂有焊剂的元器件引脚，当元器件引脚达到焊料熔化温度时，一边向烙铁头和引脚间添加焊料，一边移动烙铁头，反复进行直到元器件引脚表面全部镀上焊锡为止。搪锡时间不宜太长，以免元器件因过热而损坏。电烙铁搪锡如图 1-3 所示。

表 1-3　搪锡温度和时间

内容 方式	温度/℃	时间/s
电烙铁搪锡	300 ±10	1
搪锡槽搪锡	≤290	1 ~2
超声波搪锡	240 ~260	1 ~2

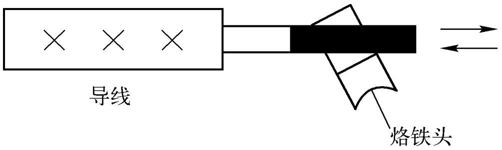


图 1-3　电烙铁搪锡

（2）引脚成形方法

引脚成形工艺就是根据焊点之间的距离，做成需要的形状，目的是使它能迅速而准确地插入孔内，便于安装和焊接，提高装配质量和效率，加强电子设备的抗震性和可靠性。

元器件引脚弯折有专用模具弯折和手工弯折两种方法。大规模生产时，元器件成形多采用模具成形，平常可以用尖嘴钳或镊子成形。图 1-4 为元器件引脚成形示意图。

注意：在手工成形过程中任何弯曲处都不允许出现直角，即要有一定的弧度，否则会使得折弯处的导线截面变小，器件特性变差。

图 1-4（a）所示的是引脚的标准成形方法，要求引脚打弯处距元器件根部大于 2mm，半径 r 大于元器件的直径的两倍，元器件根部和插孔的距离 R 大于元器件直径。图 1-4（b）所示的是在元器件和插孔不符的情况下采用的一种方法，这种做法一般是在维修或自己制作时采用，正规产品中是不能出现的。图 1-4（c）所示的方法适用于焊接时受热易损的元器件。图 1-4（d）所示的是垂直插装时的成形方法，一般是电路板元器件密度较大时采用，要求 h、A 均大于 2mm，R 大于元器件直径。图 1-4（e）所示的是集成电路的成形方法，A 大于 5mm。

元器件插到印制电路板上的插孔后，其引脚穿过焊盘还应留有 1 ~2mm，这样才可以保证锡焊后的焊点具有一定的机械强度。但是引脚的不同处理会使得焊接所能承受的机械强度不同，常用的处理方法有直插式、半打弯式和全打弯式。图 1-5 所示的是这三种处理方式的示意图。直插式拆卸方便，但能承受的机械强度较小。半打弯式处理方式常将引脚弯成 45°。全打弯式具有很高的机械强度，但拆卸困难。

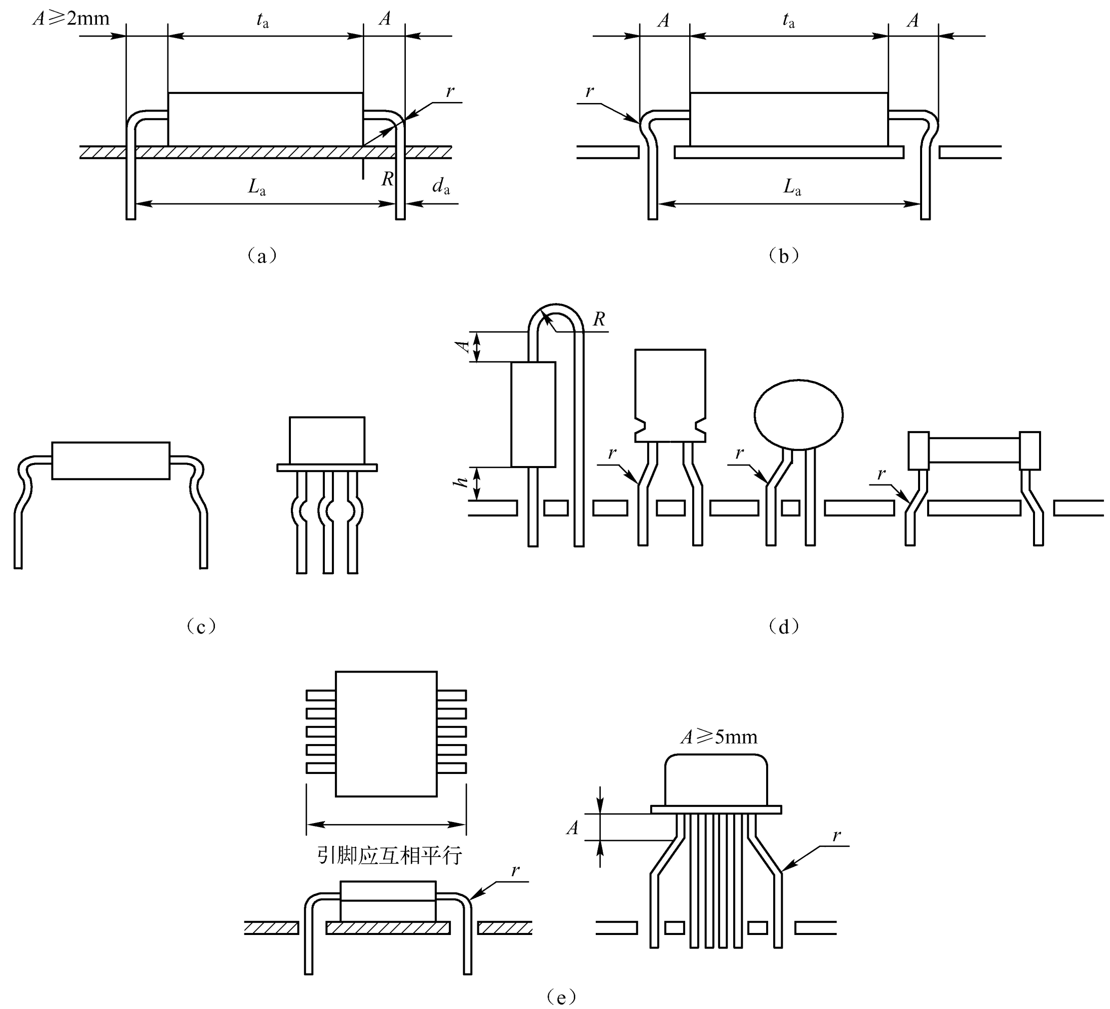
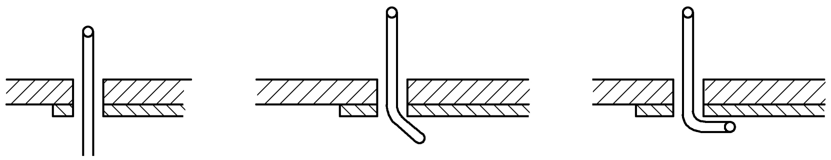


图 1-4　元器件引脚成形示意图



（a）直插式　　（b）半打弯式　　（c）全打弯式

图 1-5　元器件引脚处理方式示意图

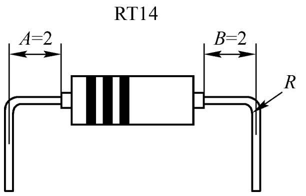
表 1-4 列出了生产 HE6105 型示波器元器件明细工艺，请对表中的元器件首先进行元器件引脚的表面清洁及搪锡，再按照表中的要求对元器件进行引脚成形处理。

表 1-4　HE6105 型示波器元器件明细工艺表

工艺明细工艺表			生产型号和名称				产品图号			
			HE6105 型示波器				001			
序号	位号	名称、型号、规格	L/mm				数量	设备	工时定额	备注
			A 端	B 端	正端	负端				
1	6R1	电阻 RT14 - 10K	2	2			1			
2	6R2	电阻 RT14 - 909K	2	2			1			
3	6R3	电阻 RT14 - 111K	2	2			1			
4	6R4	电阻 RT14 - 988K	2	2			1			
5	6R5	电阻 RT14 - 10. 2K	2	2			1			
6	6R6	电阻 RT14 - 2M	2	2			1			
7	6R7	电阻 RT14 - 1M	2	2			1			
8	6R8	电阻 RT14 - 500K	2	2			1			
9	6R9	电阻 RT14 - 200K	2	2			1			
10	6R10	电阻 RT14 - 100K	2	2			1			
11	6R11	电阻 RT14 - 50K	2	2			1			
12	6R12	电阻 RT14 - 20K	2	2			1			
13	6R13	电阻 RT14 - 10K	2	2			1			
14	6R14	电阻 RT14 - 5K	2	2			1			
15	6R15	电阻 RT14 - 2K	2	2			1			
16	6R16	电阻 RT14 - 1K	2	2			1			
17	6C1、6C2、6C4、6C5	电容 CCW - 2 ~ 7p					4			
18	6C3	电容 CC1 - 30p					1			
19	6C6	电容 CC1 - 30p					1			

旧底图总号

简图：



底图总号	更改标记	数量	文件代号	签名	日期	签名		日期	第 2 页
						拟制			
						审核			共 6 页
日期	签名								第 1 册

（3）印制电路板加工

在插装元器件前一定要检查印制电路板的可焊性，要求板面干净、无氧化发黑和污染。如只有几个焊盘氧化严重，可用蘸有无水酒精的棉球擦拭之后再上锡。如果板面整个发黑，建议不使用该电路板。如果必须使用该电路板，可把该电路板放在酸性溶液中浸泡，取出清洗、烘干后涂上松香酒精助焊剂再使用。

在组装、维修过程中，遇到印制电路板铜箔翘起、断裂、焊盘脱落等情况，可予以修复。对于断裂的铜箔可采用搭接和跨接两种方式。搭接法是一种将断裂处的两个端头搭接起来的方法，具体做法如下：

① 刮掉距两个端头 5mm 的那一段表面上的阻焊剂和涂覆层。

② 用酒精擦拭这两个部位。

③ 给这两个部位上锡，再把一段镀锡导线焊接上去。

这种方法适合断点出现在元器件不密集的地方，否则需要采用跨接法。跨接法就是电流绕过断点附近的导线而从跨接导线上通过的一种方法，这和电路设计时的跳线有些类似，跨接点原则上可以选择断点两端导线上的任意点，但一般尽可能地选择与断点较近的地方。对于焊盘脱落的情况，可以把元器件的引脚当成一个跨接点来处理，跨接的处理和搭接相似。

当印制电路板上的印制导线翘起时，可在把这部分导线的底面清洗干净的情况下涂上用环氧树脂与基板加压粘牢。如果翘起的印制导线过于细小，可直接涂环氧树脂，再粘到基板上。

（三）电子产品整机电路图的识读

阅读 HE6105 型示波器挡级开关电路板原理图，对照原理图检查印制电路板布线及各元器件位置是否正确。要求能清楚地将原理图、印刷电路的元器件和连线一一对应起来。HE6105 型示波器挡级开关电路板原理图如图 1-6 所示。

（四）元器件的插装与焊接

将引脚处理后的元器件对照工艺文件的要求插装到线路板上。在元器件插装完毕后，应对照装配图进行检验，全部合格后方可进行元器件的焊接操作。焊接时应使电烙铁的温度高于焊锡的温度，但也不能太高，以烙铁头接触松香刚刚冒烟为好。焊接时间太短，焊点的温度过低，焊点融化不充分，焊点粗糙容易造成虚焊；反之焊接时间过长，焊锡容易流淌，并且容易使元器件过热损坏元器件。表 1-5 列出了生产 HE6105 型示波器的装配工艺卡，表 1-6列出了生产 HE6105 型示波器的元器件工艺说明。

（五）重焊与拆焊

1. 重焊处理

如果焊点需要重新焊接，先观察原焊点处的焊锡是否光亮，如已经发黑最好用吸锡器把原来的焊锡吸掉。如果电路板可以倒过来，也可以把板子倒过来用电烙铁加热焊点使得焊锡自然吸附在烙铁头上以此清除原来的焊锡，然后再继续焊接。

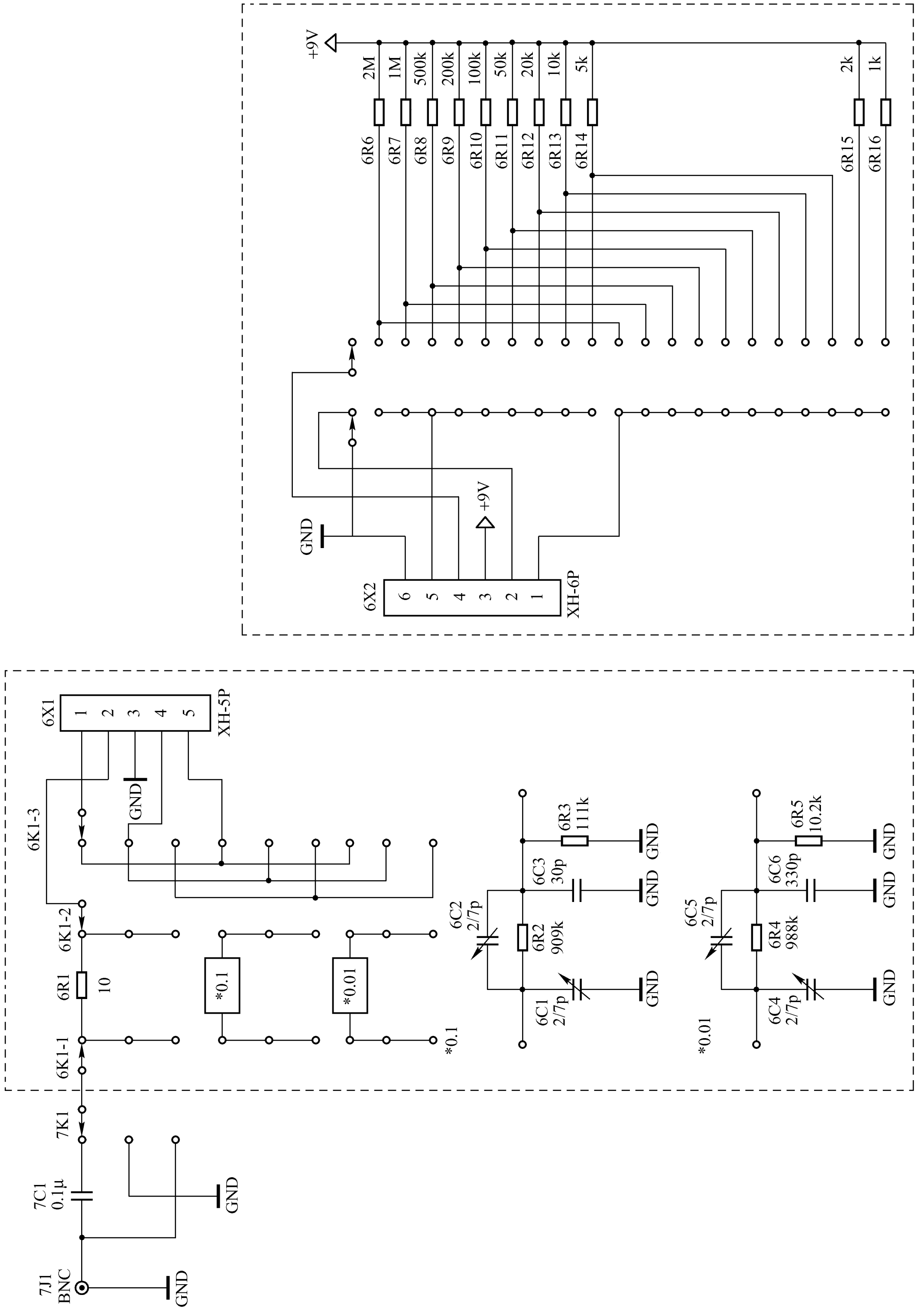


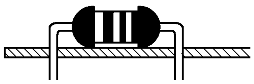
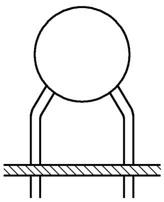
图1-6 HE6105型示波器挡位开关电路板原理图

表 1-5　HE6105 型示波器装配工艺卡

	工艺过程表				装配件名称		装配件图号		
					基板插件焊接工艺				
	位号	装入件辅助材料		车间	工序号	工序（步骤）内容及要求	设备及工装	工时定额	备注
		代号、名称、规格	数量						
	1	电阻 RT14—10K	1		1	按装配图位号插、装	镊子		
	2	电阻 RT14—909K	1		1	按装配图位号插、装	镊子		
	3	电阻 RT14—111K	1		1	按装配图位号插、装	镊子		
	4	电阻 RT14—988K	1		1	按装配图位号插、装	镊子		
	5	电阻 RT14—10. 2K	1		1	按装配图位号插、装	镊子		
	6	电阻 RT14—2M	1		1	按装配图位号插、装	镊子		
	7	电阻 RT14—1M	1		1	按装配图位号插、装	镊子		
	8	电阻 RT14—500K	1		1	按装配图位号插、装	镊子		
	9	电阻 RT14—200K	1		1	按装配图位号插、装	镊子		
	10	电阻 RT14—100K	1		1	按装配图位号插、装	镊子		
	11	电阻 RT14—50K	1		1	按装配图位号插、装	镊子		
	12	电阻 RT14—20K	1		1	按装配图位号插、装	镊子		
	13	电阻 RT14—10K	1		1	按装配图位号插、装	镊子		
	14	电阻 RT14—5K	1		1	按装配图位号插、装	镊子		
	15	电阻 RT14—2K	1		1	按装配图位号插、装	镊子		
	16	电阻 RT14—1K	1		1	按装配图位号插、装	镊子		
	17	电容 CCW—2/7p	4		2	按装配图位号插、装	镊子		
	18	电容 CC1—30p	1		3	按装配图位号插、装	镊子		
	19	电容 CC1—30p	1		3	按装配图位号插、装	镊子		
旧底图总号									

底图总号	更改标记	数量	更改单号	签名	日期		签名	日期	第 5 页
						拟制			
						审核			共 8 页
									第 1 册

表 1-6　HE6105 型示波器元器件工艺说明表

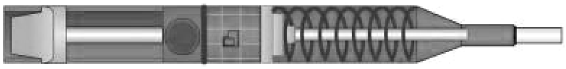
<table>
<tr><td rowspan="5"></td><td colspan="3" rowspan="4">工艺说明</td><td colspan="4" rowspan="3">工艺文件名称</td><td colspan="2">产品名称</td></tr>
<tr><td colspan="2">示波器</td></tr>
<tr><td colspan="2">产品型号</td></tr>
<tr><td colspan="4">插件工艺规范</td><td colspan="2">HE6105</td></tr>
<tr><td colspan="9">一、工具
镊子：1 把
钢皮尺：1 只
二、插件前准备
核对元器件型号、规格、标称值是否与配套明细表中规定相符，并将元器件按插件的顺序放入料盒，要求每天上、下午插件前各核对一次。
核对元器件的形状及引脚的长度是否符合预成形工艺要求。
三、插装要求
1. 电阻的安装
安装时的方向要求是器件的阻值读取方向与 PCB 板上器件的丝印读取方向一致；安装完成后引脚剪脚高度≤1mm，如图 1 所示。
2. 可变电容的安装
可变电容紧贴 PCB 板安装，无极性要求；安装完成后不需要剪引脚。
3. 瓷片电容的安装
瓷片电容本体底部距离 PCB 板 5mm，无极性要求；安装完成后引脚剪脚高度≤1mm，如图 2 所示。

（图 1）


（图 2）</td></tr>
<tr><td>旧底图总号</td><td>更改标记</td><td>数量</td><td>更改单号</td><td>签名</td><td></td><td>签名</td><td>日期</td><td colspan="2" rowspan="2">第 1 册</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>拟制</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>审核</td><td></td><td></td><td colspan="2" rowspan="2">第 1 页</td></tr>
<tr><td>底图总号</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>标准化</td><td></td><td></td><td rowspan="2">第 1 册</td><td rowspan="2">共 8 页</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

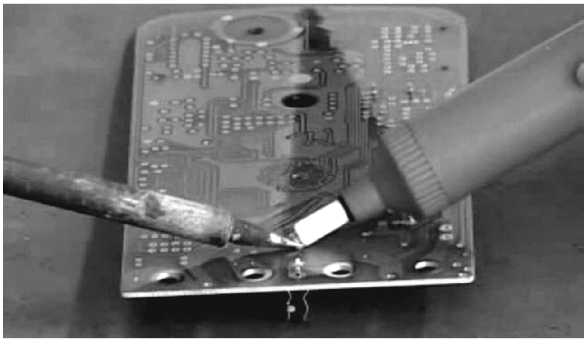
2. 拆焊

在焊接、维修过程中可能会出现把焊上去的元器件取下来进行更换的情况，此时就需要进行拆焊操作。拆焊是一个非常麻烦的操作，拆焊过程中的过度加热和弯折极易造成元器件损坏，焊盘脱落。所以要尽可能避免焊前元器件插装出错。

目前手工拆卸用的较多的是用吸锡器拆卸元件，如图 1-7 所示。吸锡器实际是一个小型手动空气泵，压下吸锡器的压杆，可以排出吸锡器腔内的空气；释放吸锡器压杆的锁钮，弹簧推动压杆迅速回到原位，在吸锡器腔内形成空气的负压力，就能够把熔融的焊料吸走。



（a）吸锡器原理图



（b）用吸锡器拆卸元器件

图 1–7　吸锡器拆卸元件

四、练习与思考

1. 在选择元器件的插装方式时的依据是什么？阻容元器件卧式插装与立式插装各自的优缺点是什么？

2. 对多引脚元器件和少引脚元器件的拆焊有什么不同？请练习操作面板电路上电阻、旋钮开关的拆焊。

任务 1–2　导线的处理与连接

在任务 1–1 中，已完成了示波器挡级开关电路板的焊接，本任务中将对导线进行加工与焊接。通过本任务，需掌握以下内容：

- 熟练掌握导线端头加工方法；
- 熟练掌握接插件的加工方法；
- 理解接线图、线扎加工图；
- 培养安全正确操作仪器的习惯、严谨的做事风格和协作意识。

【重点知识与关键能力要求】

重点知识要求：

- 导线端头加工方法；
- 接插件的加工方法。

关键能力要求：

- 导线、接插件的熟练加工。

一、工作任务描述

客户提供了一套 HE6105 型示波器套件，要求完成导线、接插件端子及线扎的加工，并

通过导线、接插件及线扎将相关电路连接起来。

【任务要求】

- 导线的加工；
- 接插件的加工；
- 线扎的制作。

【任务环境】

- 两人一组，根据工作任务进行合理分工；
- 每组配套电子产品整机 HE6105 型示波器套件一套；
- 每组配套 HE6105 型示波器整机组装工艺文件一套；
- 每组配套指针式万用表和数字式万用表各一只，焊接装配工具一套（电烙铁、尖嘴钳、斜口钳、剥线钳、各种规格的螺丝刀、剪刀、镊子等）。

二、工作任务实施

子任务 1：导线的加工。

请思考：你知道电子装配常用导线有哪些？在本任务中加工的导线属哪一种？在焊前应对导线进行哪些处理？

子任务 2：接插件的加工。

请思考：常用接插件有哪些？采用接插件的好处是什么？在本任务中要加工的接插件是哪一种？

子任务 3：线扎的制作。

请思考：线扎的绑扎方法有哪些？在本例中适合采用哪种方法？

三、实施步骤及要点

（一）导线的加工

1. 电子装配常用导线

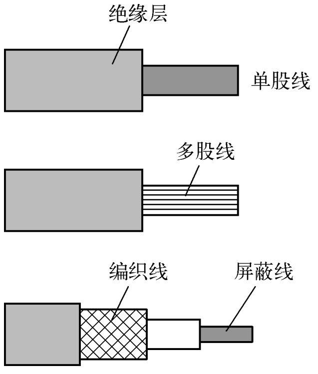


图 1-8 电子装配常用导线

导线是电子产品整机中电路之间、分机之间进行电气连接和相互之间传递信号必不可少的线材。在整机装配前必须对所使用的线材进行加工。电子装配常用导线有三类，如图 1-8 所示。

① 单股线，绝缘层内只有一根导线，俗称“硬线”，容易成形固定，常用于固定位置连接。漆包线也属此范围，只不过它的绝缘层不是塑胶，而是绝缘漆。

② 多股线，绝缘层内有 4 ~ 24 根或更多的导线，俗称“软线”，使用最为广泛。

③ 屏蔽线，在弱信号的传输中应用很广，同样结构的还

有高频传输线，一般叫同轴电缆导线。

2. 导线焊前处理

绝缘导线加工工序为：剪裁→剥头→捻头（对多股线）→浸锡→清洁→印标记。

（1）剪裁

导线剪裁前，用手或工具对其进行拉伸，使之尽量平直，然后用尺和剪刀，将导线剪裁成所需尺寸。

（2）剥头

将绝缘导线的两端去掉一段绝缘层而露出芯线的过程为剥头。常用的方法有刃裁法和热裁法两种。

刃裁法可用剪刀、电工刀或专用剥线钳，其优点是操作简单易行，只要把导线端头放进钳口并对准剥头距离，握紧钳柄，然后松开，取出导线即可。操作时应选择与芯线粗细相配的钳口，防止出现损伤芯线或拉不断绝缘层的现象。在大批量生产中多使用自动剥线机。刃裁法易损伤芯线，故对单股线禁止用刃裁法。

热裁法通常使用热控剥皮器。使用时将剥皮器预热一段时间，待电阻丝呈暗红色时便可进行裁切。为使切口平齐，应边加热边转动导线，等四周绝缘层均切断后用手边转动边向外拉，即可剥出端头。热裁法的优点是操作简单，不损伤芯线，但加热绝缘层时会放出有害气体，因此要求有通风装置。操作时应注意调节温控器的温度。温度过高易烧焦导线，温度过低则不易切断绝缘层。

（3）捻头

多股导线脱去绝缘层后，芯线易松散开，因此必须进行捻头处理，以防止浸锡后线端直径太粗。捻头时应按原来合股方向扭紧，捻线角一般为30°～45°。捻头时用力不宜过猛，以防捻断芯线。如果芯线上有油漆层，应将油漆层去掉后再捻头。大批量生产时，可使用捻头机进行捻头。

（4）浸锡

经过剥头和捻头的导线应及时浸锡，以防止氧化。通常使用锡锅浸锡。锡锅通电加热后，锅中的焊料熔化。将导线端头蘸上助焊剂，然后将导线垂直插入锅中，并且使浸锡层与绝缘层之间留有1～2mm间隙，待浸润后取出即可。浸锡时间为1～3s。应随时清除锡锅里的残渣，以确保浸锡层均匀光亮。

（5）清洁

浸锡后的导线端头有时会留有焊料或焊剂的残渣，应及时清除，否则会给焊接带来不良后果。清洁液可选用酒精，不允许用机械方法刮擦，以免损伤导线。当然，对于要求不高的产品可以不进行清洁处理。

（6）印标记

简单的电子设备由于所用的导线较少，可以通过绝缘导线的颜色来区分连线。复杂的电子设备由于使用的绝缘导线有很多根，需要在导线两端印上线号、色环标记或采用套管打印标记等方法来区分。

表1-7给出了HE6105型示波器整机的导线及线扎加工要求，请根据表中的要求对导线剪裁、剥头、捻头，浸锡等加工。

表 1–7　HE6105 型示波器整机的导线及线扎加工表

	导线及扎线加工表		生产型号和名称 HE6105 型示波器					产品图号 001		
	编号	名称、规格	颜色	数量	长度/mm			去向、焊接处		备注
					L 全长	A 剥头	B 剥头	A 端	B 端	
	1–1	UL1007AGW6 导线	棕	1	200	4	4	操作面板	示波管	
	1–2	UL1007AGW6 导线	黑	1	150	4	4	操作面板	示波管	
	1–3	4X2—1X1 排线	/	4	180	2	2	4X2	1X1	
	1–4	4X3—3X1 排线	/	5	200	2	2	4X3	3X1	
	1–5	4X4—8X1 排线	/	4	150	2	2	4X4	8X1	
	1–6	1X2—6X1 排线	/	4	150	2	2	1X2	6X1	
	1–7	1X3—面板排线	/	5	250	2	2	1X3	面板	
	1–8	1X4—2X4 排线	/	2	170	2	2	1X4	2X4	
	1–9	1X5—CRT 排线	/	2	250	2	2	1X5	CRT	
	1–10	3X2—2X1 排线	/	9	150	2	2	3X2	2X1	
	1–11	3X3—6X2 排线	/	6	280	2	2	3X3	6X2	
	1–12	3X4—CRT 排线	/	2	230	2	2	3X4	CRT	
	1–13	3X5—8X4 排线	/	1	240	2	2	3X5	8X4	
	1–14	2X2—面板排线	/	8	200	2	2	2X2	面板	
	1–15	2X3—面板排线	/	4	200	2	2	2X3	面板	
	1–16	2X5—面板排线	/	2	250	2	2	2X5	面板	
	1–17	8X2—CRT 排线	/	7	180	2	2	8X2	CRT	
	1–18	8X3—面板排线	/	7	280	2	2	8X3	面板	

旧底图总号	更改标记	数量	更改单号	签名	日期		签名	日期	第 1 页	
						拟制				
						审核			共 1 页	
底图总号										
						标准化			第 1 册	第 15 页

导线应按先长后短的顺序，用斜口钳、自动剪线机或半自动剪线机进行剪切。剪裁绝缘导线时要先将其拉直再剪。剪线要按工艺文件中的导线加工表（即表 1–7）规定进行，长度应符合公差要求，无特殊公差要求可按表 1–8 所示选择公差。

表 1–8　导线长度与公差要求

导线长度/mm	50	50～100	100～200	200～500	500～1000	1000 以上
公差/mm	+3	+5	+5～+10	+10～+15	+15～+20	+30

导线的绝缘层不允许有损伤，否则会降低其绝缘性能。导线的芯线应无锈蚀，否则影响导线传输信号的能力，故绝缘层已损坏或芯线有锈蚀的导线不能使用。剥头长度应符合工艺

文件（导线加工表）的要求。剥头时不应损伤芯线，多股芯线应尽量避免断股，一般可按表 1–9 进行检查。

表 1–9　芯线股数与允许损伤芯线的股数关系

芯 线 股 数	允许损伤芯线的股数
<7	0
7～15	1
16～18	2
19～25	3
26～36	4
37～40	5
>40	6

沾锡后锡液应沾满整个沾锡部分，并渗透到内部的芯线。在沾锡过程中，锡液上浸至绝缘层部分，只要线材保持原有的柔韧性，少量的锡液上浸是允许的。沾锡后锡面应光滑，轮廓应分明。

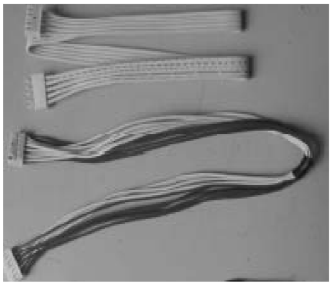
（二）接插件端子的加工

1. 线束的定义

在两个或多个孤立不通的电子电路之间架起沟通的桥梁，从而能够使电流流通，实现各种电子元器件的各项功能，它是各种电器和电子设备中不可缺少的一种部件。

2. 线束的组成

普通线束由电线、端子、塑件构成。复杂的线束还包括胶带、扎带、套管、护套、标贴等。线束外形如图 1–9 所示。


（a）普通线束

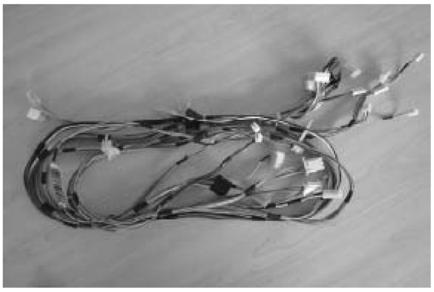

（b）复杂线束

图 1–9　线束外形

3. 接插件端子

图 1–10 给出了端子各部分名称。

端子各部分的作用介绍如下。

（1）嵌合部（接触部）

配线的边际与对方的连接处连接，具有导电功能与端子的“导体铆压栅”同样具有重

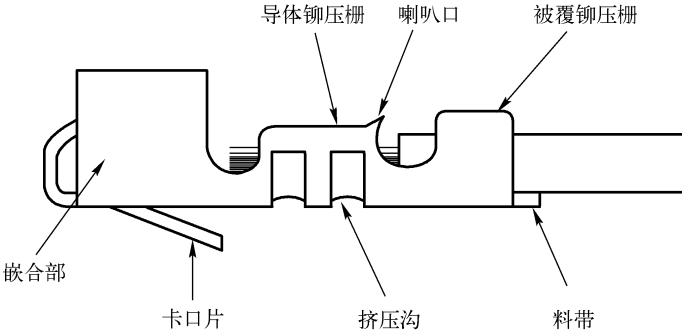


图 1–10 端子各部分名称

要作用。其形状及作用因厂商不同而有所不同，种类繁多，这部分用于满足电气连接的重要功能，所以变形或弄脏都会使其失去功能，并将成为导致故障的致命原因，所以在操作上应给予高度注意。

（2）导体铆压栅

导体铆压栅是端子与线材连接的重要部分，有必要对其高度注意。对铆端后的管理，虽采用确认端高度法、拉力测试法等，但根据线材的构成与端子种类其管理方式也有所差异，所以应当高度重视线种及作业指导书。

（3）被覆铆压栅

从外部对线材施加某种压力时，为避免“导体铆压栅”内部的芯线受到直接损伤，将线材的绝缘处铆住，具有保护作用，如果“被覆铆压栅”内包扎较弱，被覆盖之处会轻易地从铆压栅处脱落，将无法缓冲外部压力产生断线不良。另外，包扎过紧线芯就会受到损伤，且会断线。即使被覆盖的外径是同样的线种，也会有差异，所以有必要对包扎外形进行足够的确认。

（4）坡度（喇叭口）

坡度（喇叭口）是在端子压接线芯位的边缘所形成的漏斗状。压着时在“导体铆压栅”处为减轻芯线之损伤，“坡度”是必不可少的，如果没有此坡度，不仅芯线会受到损伤，而且会导致断线或将大大削弱对外部的承受力。

（5）卡口片

卡口片具有将塑壳及主体插入时，起到锁住端子的作用，其形状因厂商不同而不同，种类也很多，因为此部分极为敏感，所以操作时应当高度重视。如果此部分变形，插入塑壳及主体后，会出现脱落等不良现象（当然，也有些端子没有卡口片，但它是以端子本身的嵌合部后端作卡位的，如 110，187，250 端子）。

（6）料带

铆端前附于端子上，是连接端子的细带，从其铆压后在端子所留的长度，可以获悉端子的设定状态及模具的状态。

4. 接插件端子的压接

压接工序是整个线束制造过程中最重要的一个环节。压接是电缆组装过程中对电线和端子进行的一种连接方式，通过施加一定的机械外力（指剥去电线的绝缘体，压着端子咬合在导体上），使两种材料紧密的接合，从而达到电性导通或牢固接合的目的。因此使用精密

的压接工具，才能保证良好的压接品质。目前压接的工具有手动工具、半自动压接设备、全自动压接设备三种。良好的压接端子能够减小电阻和压接处铜丝的氧化，具有牢固的紧密性和良好的导电性等各种优良的性能。要求压接后具有牢固的紧密性，经过拉力测试时在一定范围内不至于被拉松或断开。

（1）剥皮尺寸参考算法

剥线长度计算参考示意图如图 1-11 所示。根据线规的不同，剥皮尺寸计算公式也不同。

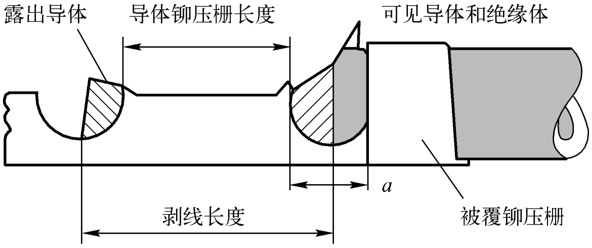


图 1-11　剥线长度计算参考示意图

剥皮尺寸 = 导体铆压栅长度 +0.5a +0.5mm（线规：0.3mm^2以下）

剥皮尺寸 = 导体铆压栅长度 +1mm（线规：0.3 ~1mm^2）

剥皮尺寸 = 导体铆压栅长度 +2mm（最大线规：10mm^2）

（2）组装胶壳

将铆压好后端子卡口片方向与塑壳卡同向，再将端子平推入塑壳，当听到“咔喀”声后，再轻轻地回拉线材，以确定端子正确卡入塑壳，无脱落则为合格。注意依工程图要求组装，不可插错位。端子塑壳组装示意如图 1-12 所示。

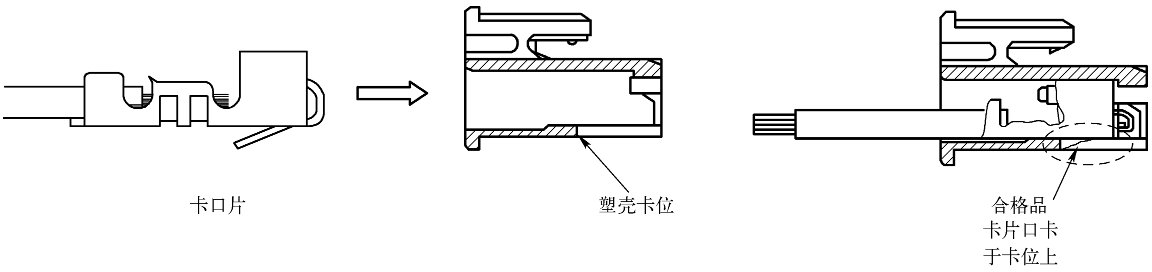


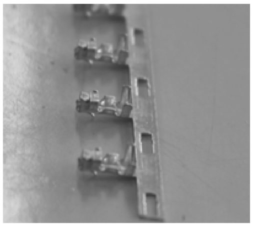
图 1-12　端子塑壳组装示意图

图 1-13 给出了两线端子的压接步骤，根据表 1-7 中的要求对编号 1-3 至编号 1-8 导线进行压接，压接完成后按照 IPC 标准检验后方可进行组装塑壳。当有多根导线压接时，要注意多根导线的压接方向应一致，以免造成导线的扭结，如图 1-14 所示。

（三）线扎的制作

在复杂的电子产品中，分机之间、电路之间的导线很多。为了使配线整洁，缩短配线距离，减小占用空间，并使电气性能稳定可靠，通常将这些互连导线绑扎在一起成为线扎（线把、线束）。线扎可使机内走线整齐有序，保证电路的工作稳定性。

通常，线扎是按图样制作好后再安装到机器上的。为了便于制作线扎，设计者先要按 1∶1

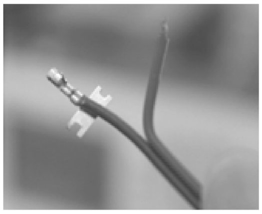


步骤一：将端子从料带上取下

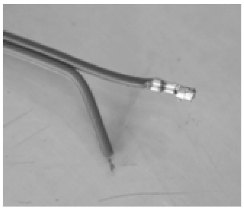
步骤二：将端子放入压接钳

步骤三：将导线放入压接钳

步骤四：用力压下压接钳

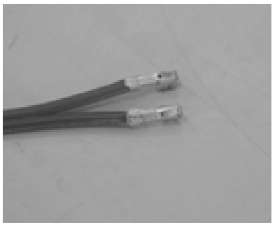


步骤五：将端子从压接钳中取出

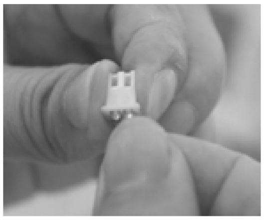


步骤六：将端子多余的料带去除

步骤七：重复前5个步骤继续压接第二个端子



步骤八：将第二个端子取出



步骤九：将端子平推入塑壳

图 1-13　两线端子的压接步骤

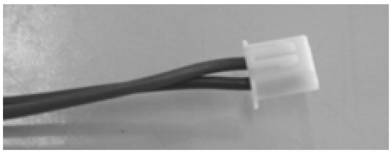


图 1-14　压接顺序不当造成导线扭结

的比例绘制线扎图，以便于在图样上直接排线。在绘制线扎图时，采用彩笔可一目了然，不易出错。制作线扎时，可把线扎图平铺在木板上，在线扎拐弯处要钉上掉头的铁钉。线扎拐弯处的半径应比线束直径大两倍以上。导线的长短要合适，排列要整齐。线扎分支线到焊点应有10～30mm 的余量，不要拉得过紧，免得振动时将焊片和导线拉断。导线走的路径要尽量短一些，并避开电场的影响。输入/输出导线应尽量不排在一个线扎内。如果必须排在一个线扎内，则应使用屏蔽线。射频电缆则不排在线扎内。靠近高温热源的线扎会影响电路的正常工作，应采取隔热措施，如加石棉板、石棉绳等隔热材料。

1. 对线扎的要求

① 绑入线扎中的导线应排列整齐，不得有明显的交叉和扭转。

② 导线端头应打标记或编号，以便在装配、维修时容易识别。

③ 扎线要用绳或线扎搭扣绑扎，但不宜绑得太松或太紧。绑得太松会失去线扎的作用，太紧又可能会损伤导线的绝缘层。

④ 线扎结与结之间的间距要均匀，间距的大小要视线扎直径的大小而定，一般间距取线扎直径的2～3倍。在绑扎时还应根据线扎的分支情况适当增加或减少结扎点。

⑤ 线扎分支处应有足够的弧过渡，以防止导线受损。通常弯曲半径应比线扎直径大两倍以上。

⑥ 对需要经常移动位置的线扎，在绑扎前应将线束拧成绳状，并缠绕聚氧乙烯胶带或套上绝缘套管，然后绑扎好。

⑦ 打结时系结不应倾斜，也不能系成椭圆形，以防止把导线中的芯线拉断。为了美观，结扣一律打在线束下面。

⑧ 绑扎时不能用力拉线扎中的某一根导线，以防止把导线中的芯线拉断。

2. 线扎制作方法

线扎制作过程如下：剪裁导线及线端加工→导线端头印标记→制作配线板→排线→扎线。现将有关工序分述如下。

（1）剪裁导线及线端加工

按工艺文件中的导线加工表剪裁符合规定尺寸和规格的导线，并进行剥头、捻头、浸锡等导线端加工。操作过程及要求与绝缘导线加工相同。

（2）导线端头印标记

常用的标记有编号和色环，印标记方法如下：

- 用酒精将线端擦洗干净，晾干等用。
- 用盐基性染料加10%的聚氯乙烯和90%的二氯乙烷配制成的印制颜料或用各种油墨印编号。
- 用眉笔描色环或用橡皮章打印标记。打印前将颜料或油墨调匀，将少量油墨放在玻璃板上，用油辊滚成一层薄层，再用印章去蘸油墨。打印时印章要对准位置，用力要均匀。如果标记印得不清，应立即擦掉重印。导线编号标记位置在离绝缘端8～15mm处，色环标记在0～20mm处。要求印字清楚、方向一致，数字大小与导线粗细相配。

（3）制作配线板

将1:1的配线图贴在足够大的平整木板上，在图上盖一层透明薄膜，以防图样受污损。再在线扎的分支或转弯处钉上去头铁钉，并在铁钉上套一段聚氯乙烯套管，以便于扎线。

（4）排线

将1:1的配线图贴在足够大的平整木板上，再按图样的走向排列导线。排线时，屏蔽导线应尽量放在下面，然后按先短后长的顺序排线。如果导线较多不易放稳时，可在排完一部分导线后，先用废导线临时绑扎在线束的主要位置上，待所有导线排完后，一边绑线一边拆除废导线。

（5）扎线

扎线方法较多，主要有黏合剂结扎、线扎搭扣绑扎、线绳绑扎等。

① 黏合剂结扎。导线很少，如只有几根至几十根，而且这些导线都用塑料作绝缘层时，

可以采用四氢呋喃黏合剂黏合成线束。粘合时，可将一块平板玻璃放在桌面上，再把待黏导线拉伸并列在玻璃上，然后用毛笔蘸四氢呋喃涂敷在这些塑料导线上，经过 2～3min，待黏合剂凝固以后便可以获得一束平行塑料导线。如果用多种颜色的导线来黏合则更好。黏合剂粘接只能用于少量线束，比较经济，但换线不方便，而且在施工中要注意防护，因为四氢呋喃在挥发过程对人体有害。

② 线扎搭扣绑扎。目前电子产品生产中常用线扎搭扣绑扎方法线把，线扎搭扣的式样很多，如图 1–15 所示。用线扎搭扣绑扎导线时，既可用手工拉紧，也可用专用工具紧固。但不可拉得太紧，以防破坏搭扣。搭扣拉紧后，要将多余的长度剪掉。用线扎搭扣绑扎导线比较简单，更换导线也方便，线把也很美观，但搭扣只能使用一次。

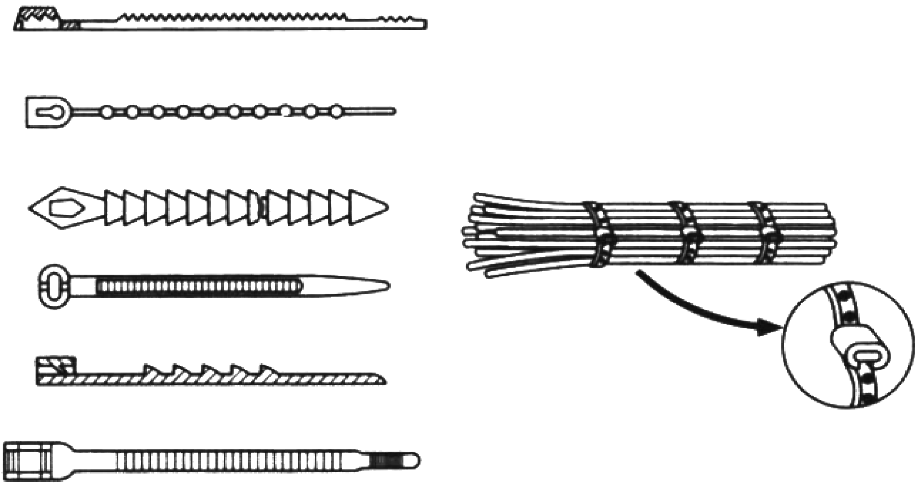
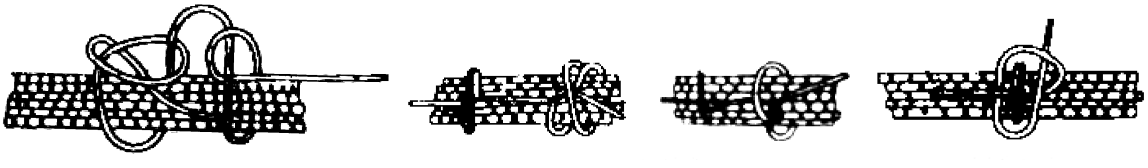


图 1–15　线扎搭扣绑扎导线时的式样

③ 线绳绑扎。捆扎线有棉线、尼龙线、亚麻线等。线绳绑扎的优点是价格便宜，但在批量大时工作量较大。为防止打滑，捆扎线要用石蜡或地蜡进行浸渍处理，但温度不宜太高。线绳绑扎方法有连续结和点结两种。

- 连续结：用一条扎线先打一个初始结，再打若干个中间结，最后打一个终结，称为连续结。起始结是扎在线扎的开头处，中间结分为绕一圈的中间结和绕两圈的中间结，终端结是扎线的最后一个结，通常由两个中间结再加上一个普通结作为保险而成，如图 1–16 所示。



（a）起始结　（b）中间结　（c）终端结

图 1–16　连续结打法示意图

● 点结：点结打法示意图如图 1－17 所示。这种方法比连续结简单，可取代连续结捆扎法。

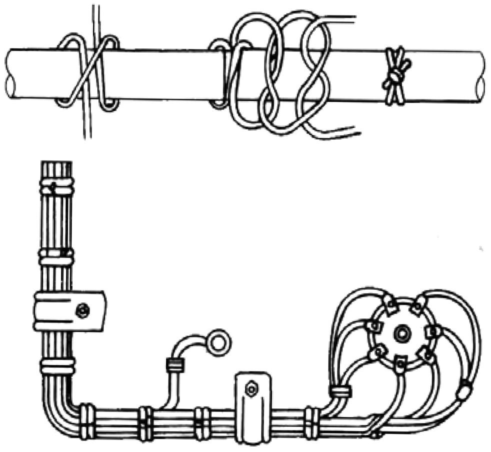


图 1－17 点结打法示意图

④ 塑料线槽布线。目前，较大型的电子产品往往需要做机柜。为使机柜内走线整齐，便于查找和维修，常用塑料线槽排线。用线槽布线比较省事，更换导线也十分容易，但成本较高。线槽固定在机箱上，槽上下左右有很多出线孔，只要将不同走向的导线依次排入槽内，盖上线槽盖即可，无须捆扎。塑料线槽布线如图 1－18 所示。

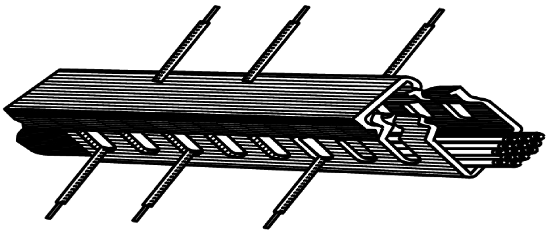


图 1－18 塑料线槽布线

⑤ 塑料胶带绑扎。目前有些电子产品用的线扎采用聚氯乙烯胶带绑扎，简便易行，制作效率比线绳绑扎高，效果比线扎搭扣好，成本比塑料线槽低。胶带缠法，有重复拉、抛、捡、拉动作，如图 1－19 所示，胶带包扎的标准见表 1－10。

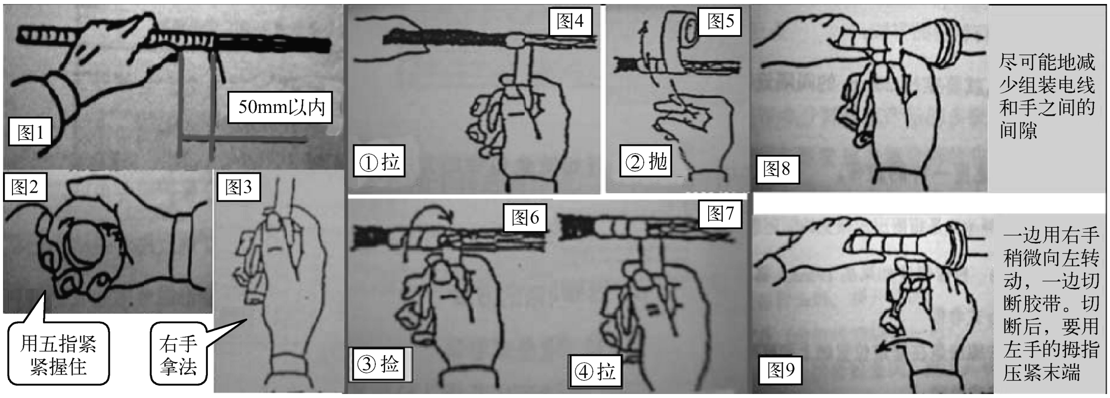
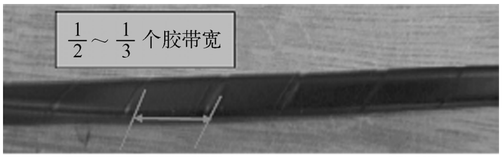
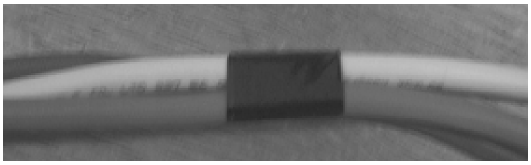
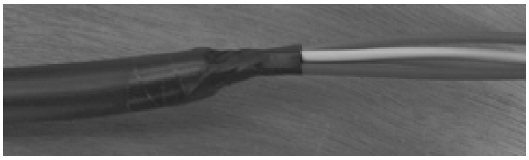
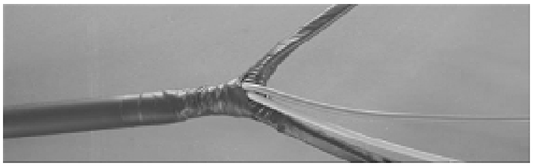


图 1－19 胶带缠法示意图

表 1–10 胶带包扎的标准

名　称	例　图	包扎标准
实包		开始重叠包扎 2 圈，中间不能过于密集或过于稀疏，标准 1/2 ~ 1/3 个宽胶带，结尾重叠包扎 2 圈，胶带末端无松脱现象（例如：胶带的宽度是 19mm，那么要重叠 6 ~ 10mm 进行包扎）
打点		重叠包扎 2 ~ 4 圈，胶带末端无飞翘，松脱现象
固定 PVC 管口		开始重叠包扎 1 圈，末尾重叠包扎 2 圈，胶带末端无飞翘、松脱现象
叉包		交叉处不得露线、松散、脱落，包扎方向应符合《生产工艺指导书》要求

四、练习与思考

1. 请利用 T568A 网线与 RJ – 45 水晶头练习网线水晶头的压接技能。
2. 上网查找接插件相关内容，简述接插件分类，选择一种接插件加以图文介绍。
3. 学习 IPC 620 标准。

任务 1–3　示波器的整机装配

在前两个任务中，完成了挡级开关电路板的焊接和导线的加工和连接，本任务对整机进行组装。通过本任务，需掌握以下内容：

- 理解各模块电路的接插件、跳线的连接关系；
- 掌握示波管的结构和引脚功能；
- 熟练掌握整机装配技巧、规范；
- 培养安全正确操作仪器的习惯、严谨的做事风格和协作意识。

【重点知识与关键能力要求】

重点知识要求：

- 电子产品整机装配技巧、规范；

● 整机电路原理。

关键能力要求：

● 电子产品整机装配。

一、工作任务描述

客户提供了一套 HE6105 型示波器套件，要求完成整机组装。

【任务要求】

● 各部分电路模块的安装；
● 操作面板中各按键、旋钮的安装；
● 示波器各模块电路的连接；
● 外壳的安装。

【任务环境】

● 两人一组，根据工作任务进行合理分工；
● 每组配套电子产品整机 HE6105 型示波器套件一套；
● 每组配套 HE6105 型示波器整机组装工艺文件一套；
● 每组配套指针式万用表和数字式万用表各一只，焊接装配工具一套（电烙铁、尖嘴钳、斜口钳、剥线钳、各种规格的螺丝刀、剪刀、镊子等）。

二、工作任务实施

子任务 1：各部分电路模块的装配。

请思考：各模块电路的安装顺序是怎样的？请设计一个合理的安装顺序。

子任务 2：操作面板中各按键、旋钮的安装。
子任务 3：示波器各模块电路的连接。

请思考：各电路模块的连接关系清楚吗？能看懂原理图吗？能看懂接插件连线加工表表示的连接关系吗？

子任务 4：外壳的安装。

三、实施步骤及要点

（一）各部分电路模块的装配

在电子设备的装配中，对需要经常拆卸的部件，广泛采用螺纹连接。采用螺钉、螺栓、螺母等紧固件将各种零部件或元器件连接起来。

将各电路模块按照图 1–20 所示用螺钉安装至机壳骨架。安装时，将各模块电路分别安装到支架条上，再将各支架条固定在一起。安装时要考虑安装顺序，防止先装电路影响后面电路的安装。水平放置机壳，将示波管对准安装位，用螺钉固定。

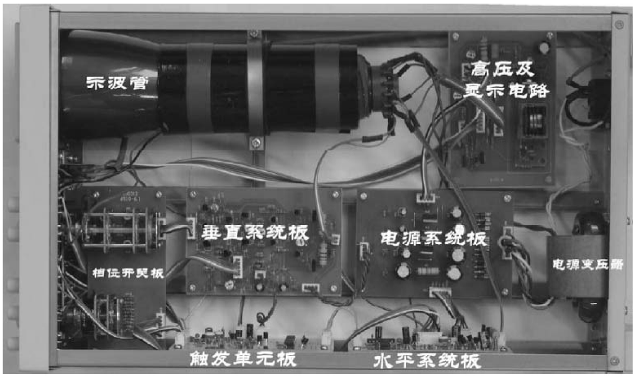


图 1-20　示波器整机实物图

（二）操作面板中各按键、旋钮的安装

根据前面板结构（见图 1-21）安装各按键、旋钮及各类零件，要求各按键、旋钮、拨动开关操作灵活。

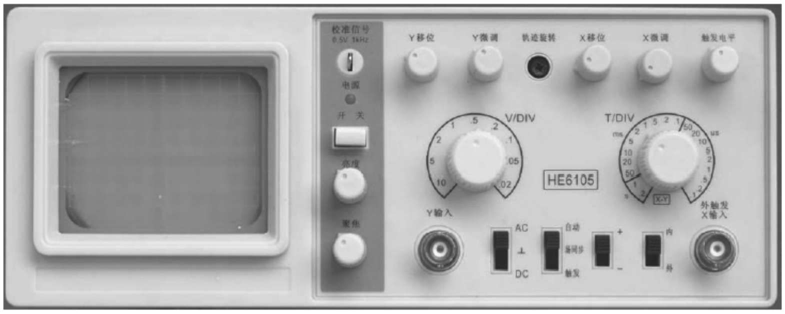


图 1-21　HE6105 型示波器前面板结构图

根据后面板结构图（见图 1-22）用十字螺丝刀安装 4 个底座脚及电源插座。

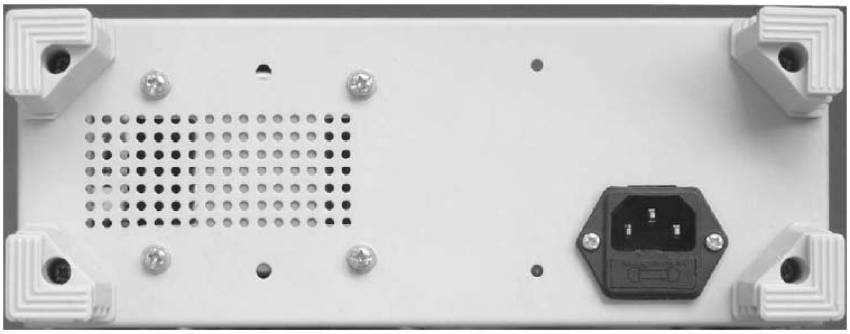


图 1-22　HE6105 型示波器后面板结构图

（三）示波器各模块电路的连接

1. 示波器各引脚功能的确定

找到示波管各引脚（见图 1-23），根据高压及显示电路原理图，确认示波管各个引脚的功能。

1 脚________；2 脚________；3 脚________；
4 脚________；5 脚________；6 脚________；
7 脚________；8 脚________；9 脚________；
10 脚________；11 脚________。

2. 各模块的连接

根据安装图和原理图，将各模块电路、示波管、高压电路与操作面板的接插件连接起来。将前面板电路上的活动导线用热熔胶固定。HE6105 型示波器整机的接插件连线加工表如表 1-11 所示。

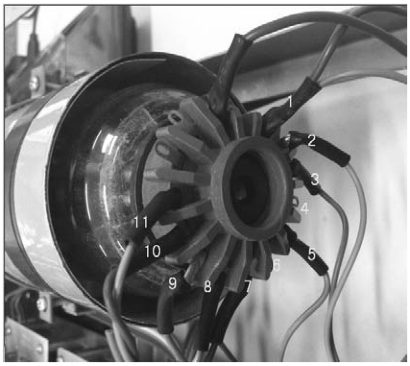


图 1-23　示波管各引脚

表 1-11　HE6105 型示波器整机的接插件连线加工表

	接插件连线加工表		生产型号和名称	产品图号
			HE6105 型示波器	001
	接线端	接线端端口	去向	备注
	4X1	/	电源变压器	
	4X2	/	1X1	
	4X3	/	3X1	
	4X4	/	8X1	
	1X1	/	4X2	
	1X2	/	6X1	
	1X3	/	操作面板	
	1X4	/	2X4	
	1X5	1	CRT7 脚（Y1）	
		2	CRT8 脚（Y2）	
	3X1	/	4X3	
	3X2	/	2X1	
	3X3	/	6X2	
	3X4	1	CRT10 脚	
		2	CRT11 脚	
	3X5	1		
		2	8X4	
	2X1	/	3X2	
	2X2	1	EXTTRIGSIG	
		2	GND	
		3	+9V	
		4	EXT	

续表

接插件连线加工表		生产型号和名称	产品图号
		HE6105 型示波器	001
接线端	接线端端口	去向	备注
2X2	5	INT	
	6	SMOD2	
	7	SLOPE	
	8	SMOD1	
2X3	1	+9V	
	2	5W5	
	3	-9V	
	4	Xposition	
2X4	/	1X4	
2X5	1	操作面板	
	2	操作面板	
8X1	/	4X4	
8X2	7	CRT 引脚 9	
	5	CRT 引脚 5	
	3	CRT 引脚 2	
	2	CRT 引脚 3	
	1	CRT 引脚 1	
8X3	1	操作面板	
	3	操作面板	
	5	操作面板	
	7	操作面板	
8X4		3X5	

旧底图总号	更改标记	数量	更改单号	签名	日期		签名	日期	第 1 页	
						拟制				
						审核			共 1 页	
底图总号										
						标准化			第 1 册	第 15 页

（四）外壳的安装

将机壳用螺丝固定，完成整机安装。

四、练习与思考

整机装配的一般原则是什么？

项目二

HE6105 型示波器的检测与调试

示波器的质量如何，除了电路设计、元器件质量、整机装配工艺等因素外，检测与调试是非常关键的环节。装配完的示波器，还达不到设计要求，为了使其达到最佳工作状态，都需要进行检测与调试。

本项目以 HE6105 型示波器为载体，分组开展检测与调试活动，即通过已学的内容，分析示波器的各模块和整机的工作原理以及电路中的主要元器件的作用。能够正确使用检测仪器检测各关键点的电压和波形，并能编制出各种调试报告。通过主机系统的检测与调试、垂直系统的检测与调试、水平系统的检测与调试、整机系统的检测与调试四个模块的学习，掌握电子产品的检测与调试的方法。

任务 2-1　主机系统的检测与调试

通过项目一的学习，我们已经掌握了电子产品整机装配的一般方法。在本任务中首先完成主机系统的检测与调试任务。通过本任务，需掌握以下内容：

- 理解主机系统的工作原理；
- 掌握用常用仪器检测和调试主机系统的方法；
- 了解电子产品检测与调试的操作程序及规范；
- 熟悉与职业相关的安全法规、道德规范和法律知识。

【重点知识与关键能力要求】

重点知识要求：

- 电子产品检测与调试的基本操作规范；
- 主机系统的工作原理。

关键能力要求：

- 主机系统的检测与调试。

一、工作任务描述

有客户提供了一个示波器的实物，要求对其主机系统进行检测与调试。

【任务要求】

- 根据客户要求提出项目操作方案；
- 把示波器的主机系统分解成若干电路模块，对各模块进行检测与调试并分析其工作原理；

- 用常用仪器检测与调试主机系统；
- 根据检测结果编写调试报告。

【任务环境】

- 以 2 人为一组组成工作团队，根据工作任务进行合理分工；
- 每组配示波器一台。

二、工作任务实施

子任务 1：把主机系统分解为若干电路模块，小组内进行工作分工。

请思考：类似示波器的主机系统的产品一般可分为几个电路模块，分别有什么功能？一块线路板是否就是一个电路模块？

子任务 2：各人分析各自的电路模块，小组内讨论完成检测点与调试元件的确定。

难点：（1）电路模块的工作原理

（2）检测点与调试元件的确定

子任务 3：各组使用常用仪器检测与调试主机系统。

请提出：各组自行检测与调试，有哪些操作需要老师给予帮助？

子任务 4：根据检测与调试数据，完成调试报告。

三、实施步骤及要点

HE6105 型示波器主机电路系统主要包括校准信号发生器电路、电源电路和高压及显示电路等。

（一）校准信号发生器电路的检测与调试

校准信号发生器电路主要由集成运放 10U1（LM358）和外围元件组成，产生 1kHz/-0.5V 的方波，为示波器提供校准信号，电路图如图 2-1 所示。

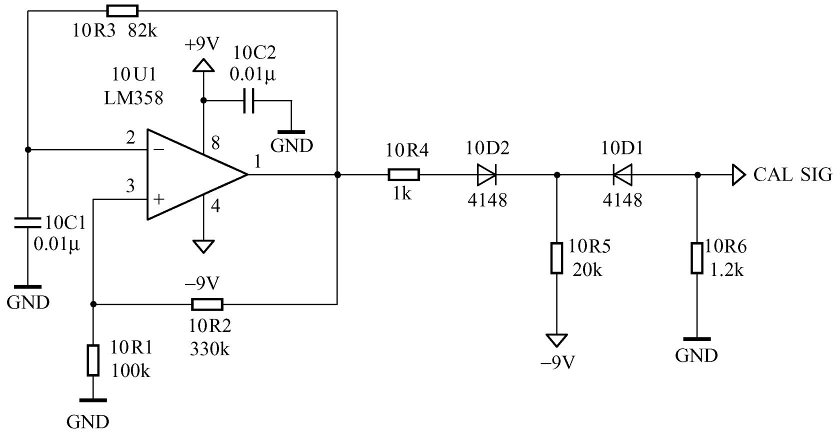


图 2-1 校准信号发生器电路图

1. 识读校准信号发生器电路板

图 2-2 所示为校准信号发生器电路所在触发电路板的位置，在对该电路板进行检测与调试时，通过识读电路图即可知道电路中各元器件的功能和需要进行调试的元器件。再将电路图与电路板对照，找到需要进行的检测点位置和调试的元器件即可进行测量与调整。

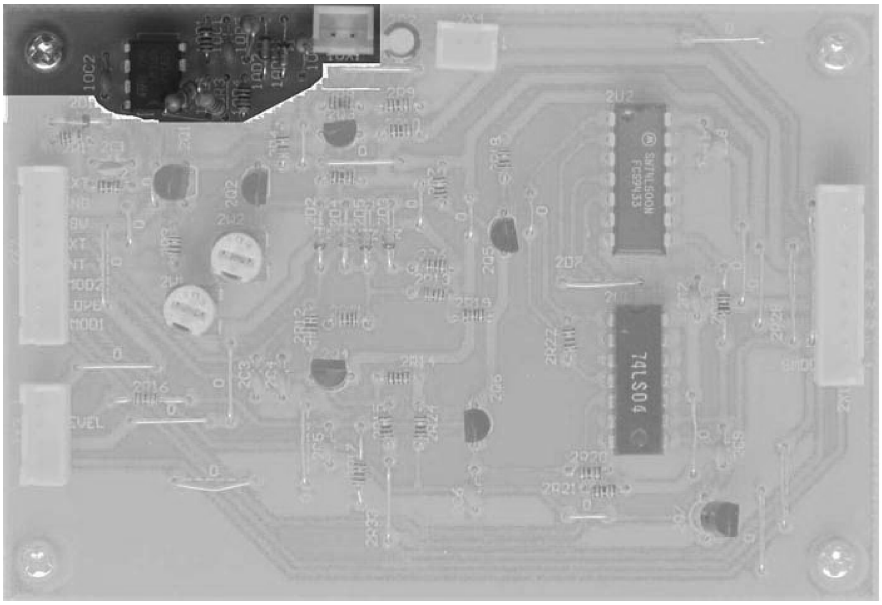


图 2-2 校准信号发生器电路所在触发电路板的位置

2. 检测矩形波发生器电路

矩形波发生器电路由集成运放 10U1（LM358）、电阻（10R1、10R2、10R3、10R4）和电容（10C1、10C2）组成。LM358 是双电源供电的双运算放大器，共有 8 个引脚，其中 4 脚、8 脚是电源，在此处使用了一个运算放大器，1 脚是运算放大器的输出端。

（1）检测集成运放的工作电源

V_8 =

V_4 =

（2）检测矩形波发生器电路的输出信号

LM358（1 脚）输出波形描绘于图 2 -3 中。

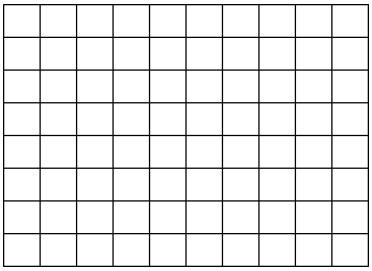


图 2-3 矩形波发生器电路的输出波形

3. 检测校准信号

校准信号是将矩形波发生器电路的输出信号经过方波幅值箝位电路（二极管 10D1、

10D2、电阻 10R5、10R6）产生 1kHz/ −0. 5V 的方波。

CAL SIG 的波形描绘于图 2−4 中。

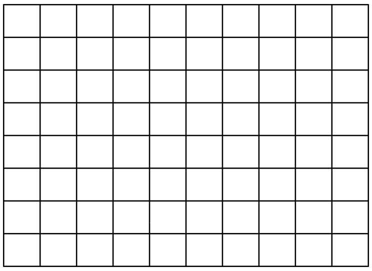


图 2−4 校准信号的波形

4. 校准信号发生器电路原理

集成运放 LM358 是双运算放大器。矩形波发生器电路由滞回比较器和积分电路组成，利用电容 10C1 储能作用工作，滞回比较器的上、下门限 U_+、U_- 分别为

$$U_+ = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_{OH}$$

$$U_- = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_{OL}$$

其中，U_{OH}、U_{OL} 分别为比较器输出的高、低电平（为 LM358 正、负向饱和电压）。积分电路 10R3 10C1 形成反馈通路，当输出电平为 U_{OH} 时，电容 10C1 按指数规律充电，U_{C1} 升至 U_+ 时，电路产生翻转，输出由高（U_{OH}）变低（U_{OL}）；此时电容 10C1 按指数规律放电，U_{C1} 降至 U_- 时，电路产生翻转，输出由低（U_{OL}）变高（U_{OH}）。此过程循环反复，产生方波输出信号。矩形波发生器电路的工作波形如图 2−5 所示。

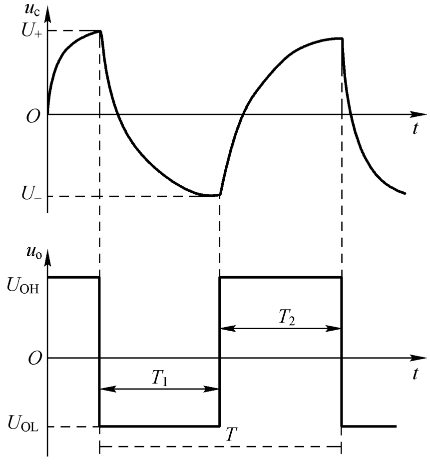


图 2−5 矩形波发生器电路的工作波形

由于 $U_{OH} \approx |U_{OL}|$，$U_+ \approx |U_-|$，电容 10C1 充、放电时间 $T_1 \approx T_2$，经分析方波周期 $T = T_1 + T_2 \approx 2T_1 = 2R_3 C_1 \ln\left(1 + \frac{2R_1}{R_2}\right)$，方波频率为 $f = \frac{1}{T}$。将 $R_1 = 100\text{k}\Omega$、$R_2 = 330\text{k}\Omega$、$R_3 = 82\text{k}\Omega$、$C_1 = 0.01\mu\text{F}$，代入得 $T \approx 0.76\text{ms}$。要求 $f = 1\text{kHz}$（$T = 1\text{ms}$），R_3 应可调，如取 75kΩ

电阻与 50kΩ 可调电阻串联。由 T 的表达式可以看出此电路输出方波的频率，与其幅度无关，可实现二者的独立调节。

由二极管 10D1、10D2 构成输出方波幅值箝位电路，当 LM358 输出为 U_{OH}时，10D2 导通、10D1 截止，“CAL SIG”端电压为 0V，当 LM358 输出为 U_{OL}时，10D1 截止、10D2 导通，“CAL SIG”端电压约为 -0.5V。

（二）电源电路的检测与调试

电源电路为示波器各单元电路提供 6 种不同电源电压，即 6.3V 交流电压、+150V 直流电压、+200V 直流电压、±9V 直流电压、+5V 直流电压。电源变压器 7T1 有 4 个次级绕组，其中有一组是双绕组，即 6.3V、40V、150V、11V×2 绕组。电源电路如图 2-6 所示。

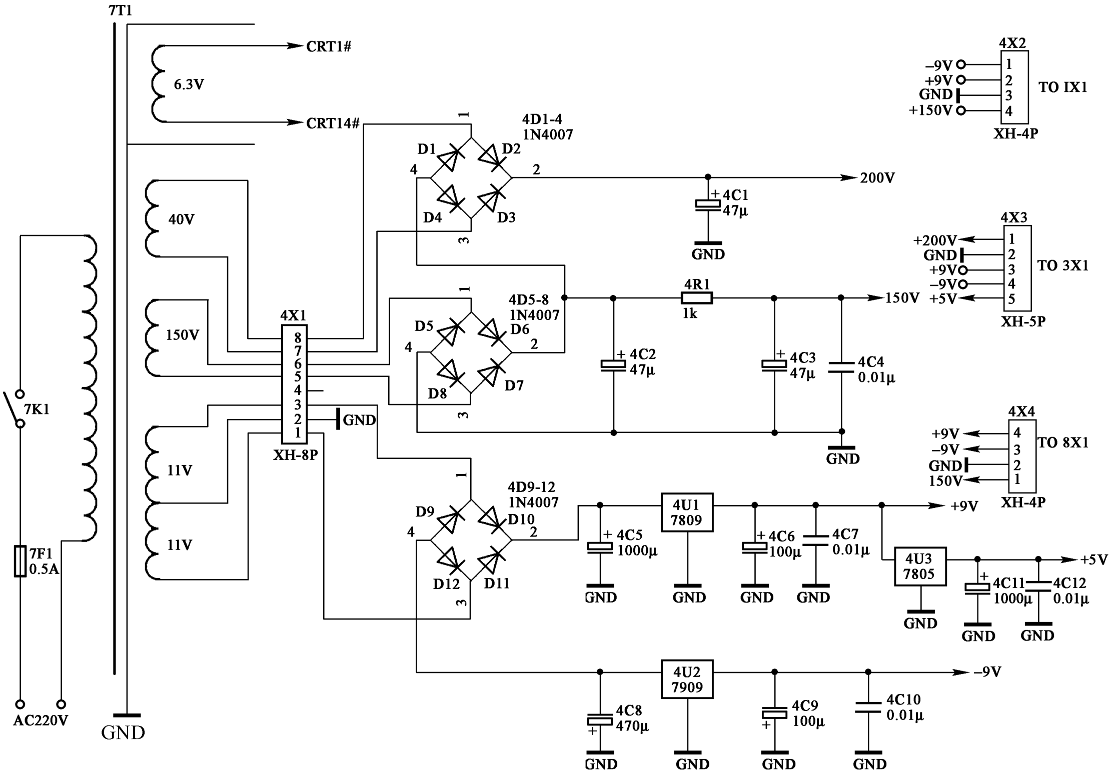


图 2-6　电源电路

1. 识读电源电路板

图 2-7 所示为电源电路板，在对该电路板进行检测与调试时，通过识读电路图即可知道电路中各元器件的功能和需要进行调试的元器件。再将电路图与电路板对照，找到需要进行的检测点位置和调试的元器件即可进行测量与调整。

2. 电源电路的检测

检查电源电路板上的 4 个接插件的连接是否正确，电源电路中有直流电压，也有交流电压，在检测前先要弄清楚被测部分的电压是交流还是直流，并且估算电压的理论值，然后选择合适的挡级与量程，根据表 2-1 对相应电压进行测量，将测试值填入表 2-1。

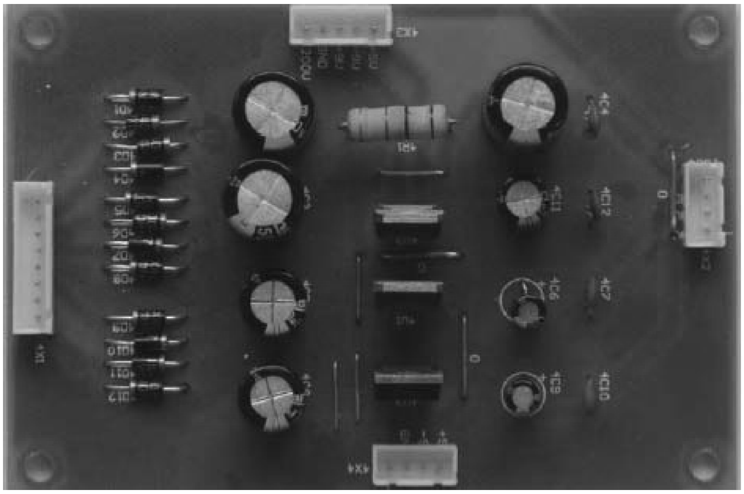


图 2-7　电源电路板

表 2-1　电源电路的检测

测试项目	测 试 点	理 论 值	测试电压	挡　位
变压器次级五组输出电压				
四组整流电路的输出电压				
五组直流电压				

分析理论值与测试电压之间存在的差别以及对整个电路工作的影响。

3. 电源电路原理

（1）6.3V 交流电压

6.3V 交流电压是直接从电源变压器的次级绕组出来的，其作用是为灯丝提供电源。

（2）150V 直流电压

150V 直流电压是通过交流变压器次级输出的 150V 交流电压，通过桥式整流电路（4D5～4D8）整流后，再经过 π 形 RC 滤波器（4C2、4 C3、4R1）滤波后得到的。

（3）200V 直流电压

200V 直流电压是由交流变压器次级输出的交流 40V 电压通过桥式整流电路（4D1～

4D4）整流后，再与 150V 整流桥串联，再通过电容 4C1 滤波后获得。

（4） 直流 +9V、 -9V、 +5V 电压

变压器二次侧有一双绕组线圈，输出两个 11V 交流电压，这个绕组的中心抽头接地。输出的两个 11V 交流电压通过全波整流电路（4D9～4D12）整流后，再分别通过电容器 4C5、4C8 的滤波，分两路输出，一路为 +13.2V 直流电压，另一路为 -13.2V 直流电压。+13.2V 直流电压通过集成三端稳压器 4U1（7809）稳压，电容器 4C6、4C7 滤波，获得 +9V 稳定直流电压。-13.2V 直流电压通过集成三端稳压器 4U2（7909）稳压，电容器 4C9、4C10 滤波，获得 -9V 稳定直流电压。

直流 +5V 电压是由 +9V 直流电压通过集成三端稳压器 4U3（7805）进一步稳压，再由电容器 4C11、4C12 滤波后获得。

（三）高压及显示电路的检测与调试

图 2-8 所示为高压及显示电路板。高压及显示电路主要由高压电源电路、增辉电路、示波管等单元电路组成，如图 2-9 所示。

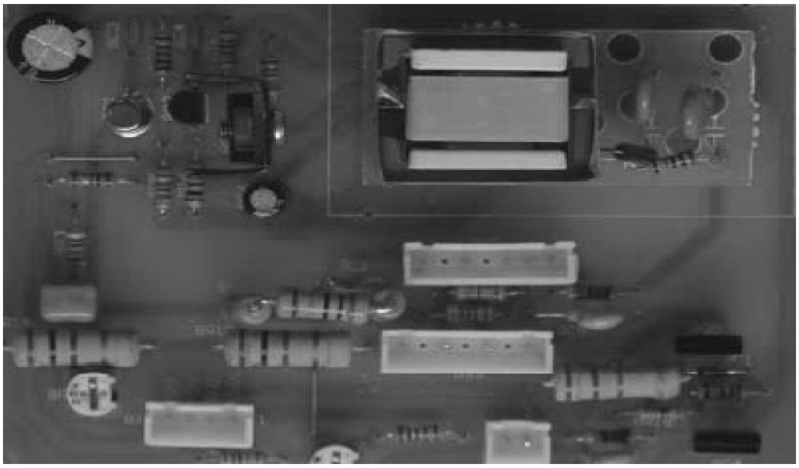


图 2-8　高压及显示电路板

1. 识读高压及显示电路板

在对高压及显示电路板进行检测与调试时，通过识读电路图即可知道电路中各元器件的功能和需要进行调试的元器件。再将电路图与电路板对照，找到需要进行的检测点位置和调试的元器件即可进行测量与调整。

2. 检测高压及显示电路中各三极管的工作电压

将 8X4 处短接，测试 8Q1、8Q2、8Q4 和 8Q5 的静态工作电压，将相关数据填入表 2-2。

表 2-2　三极管的检测与判断

测试项目	V_B（V_G）	V_E（V_S）	V_C（V_D）	工作状态	作　用
8Q1					
8Q2					
8Q4					
8Q5					

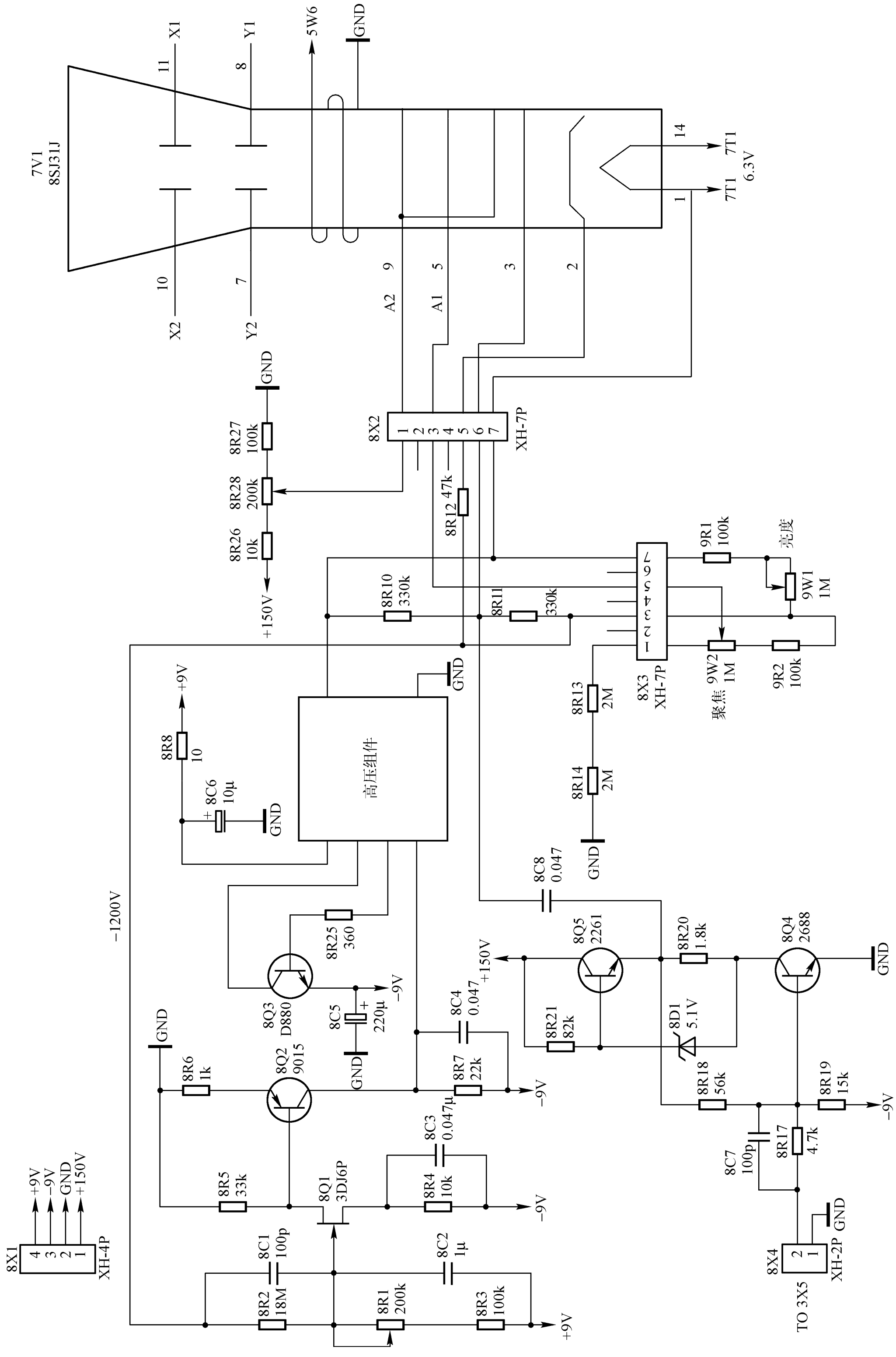

7V1
8SJ31J
X1
Y1
5W6
GND
X2
Y2
A2
A1
7T1
6.3V
8X2
XH-7P
8R27 100k
8R28 200k
8R26 10k
+150V
8R12 47k
8R10 330k
8R11 330k
9R1 100k
亮度
9W1 1M
9W2 1M
聚焦
9R2 100k
8X3
XH-7P
8R13 2M
8R14 2M
-1200V
+9V
8R8 10
8C6 10μ
高压组件
8C8 0.047
8R25 360
8Q3 D880
8C5 220μ
-9V
8Q5 2261
8R20 1.8k
8Q4 2688
8C4 0.047
8R21 82k
8D1 5.1V
8R6 1k
8Q2 9015
8R7 22k
8R18 56k
8R19 15k
8C3 0.047μ
8R17 4.7k
8C7 100p
8R5 33k
8Q1 3DJ6P
8R4 10k
8X1
XH-4P
8C1 100p
8C2 1μ
8R2 18M
8R1 200k
8R3 100k
8X4
XH-2P
TO 3X5

图 2-9　高压及显示电路

3. 分析4个电位器的作用及调试情况

高压及显示电路中有4个电位器，请分析这4个电位器的作用以及调节电位器对于整个电路有什么变化，再将相应调试情况填入表2-3。

表2-3　电位器的调试

电位器	作用	调试情况
8R1		
8R28		
9W1		
9W2		

4. 示波管的各极电压分析

示波管的各极电压是否正常直接影响示波管的正常工作，请分析正常工作下各极电压所起的作用，分别填入表2-4。

表2-4　示波管各极电压分析

分析点	名称	作用
1－14		
2		
3		
5		
9		
7－8		
10－11		

5. 高压及显示电路原理

（1）高压电源电路

高压电源是通过DC－AC－DC变换器把直流电变换成交流电，再把交流电变换成直流高压而获得的，如图2-9所示。三极管8Q3与高压变压器T组成电感三端式30kHz振荡器。变压器T的一个初级绕组L2与电容8C4和电阻8R7串联并接在8Q3基极和射极之间，即L（CR）串联选频网络接在8Q3的基极射极回路中。变压器T的另一个初级绕组L1是8Q3集电极的负载。L1与L2的同名端构成集电极至基极的正反馈。在选频网络的谐振频率$f_0=\dfrac{1}{2\pi\sqrt{(L_1+M)C_4}}$，此电路满足振荡电路的起振与振幅平衡条件$|\dot{A}\dot{F}|\geqslant 1$和相位平衡条件$\varphi_B+\varphi_C=2n\pi$，8Q3电路工作于自激振荡状态，振荡频率$f_0=30\text{kHz}$。L1绕组上的高频电压由次级绕组L3提升为高频高压信号，经二极管8D2半波整流和π型滤波器（由8C9、8C10和8R15构成）滤波输出得到－1400V直流高压。

由8Q1和8Q2组成的电路起调节和稳定高压作用。将高压组件输出的－1400V由分压器（8R10～8R14）取样出－1200V反馈给8Q1的栅极偏置电路（由8R2、8R1和8R3构成的分压电路），组成一个闭环负反馈自动稳幅控制电路。通过调节8R1来设置输出的负高压设定值下降；反之，当8R1值调大时，8Q1的负偏压增大→漏极电流减小→8Q2基极电流减小→8Q2集电极电流减小→8Q3集电极电流减小→L1初级上的正弦振荡电压幅值减小→输出负高压设定值下降；反之，当8R1值调小时，输出负高压设定值上升。同理，当由于温

度变化等因素引起输出负高压变化时，通过闭环负反馈控制作用，可使其稳定在设定值。

（2）增辉电路单元

增辉电路的作用是消除锯齿波电压回程的影响，保证波形清晰。分析图 2-9 所示电路，增辉电路主要由 8Q4、8Q5 及外围元器件构成。8Q5 组成的电流源电路是 8Q4 组成的共射极放大器的有源负载，稳压管 8D1 用于设置 8Q5 基极的直流偏置，即 8Q5 基极直流电位比 8Q4 集电极高约 5V，电流源直流电流约为 3mA，8D1 同时还起交流耦合作用。电流源的交流电阻很大（接近于∞），可使共射极放大器 8Q4 具有很高的电压放大倍数，对水平扫描板提供的增辉驱动信号进行充分的反相放大。输出边沿良好的正向增辉和负向消隐脉冲。

四、练习与思考

1. 示波管各极电压值对于其工作有何影响？

2. 校准信号电路在示波器中起什么作用？

3. 结合本工作任务实施的体会，谈谈如何合理选择仪器和使用正确的调试方法来提高测试数据的准确性并使主机系统达到最佳状态。

任务 2-2　垂直系统的检测与调试

通过任务 2-1 的学习，我们已经掌握了主机系统检测与调试的一般方法。在本任务中将完成示波器垂直系统的检测与调试。通过本任务，需掌握以下内容：

- 理解垂直系统的工作原理；
- 掌握用常用仪器检测和调试垂直系统的方法；
- 了解电子产品检测与调试的操作程序及规范；
- 熟悉与职业相关的安全法规、道德规范和法律知识。

【重点知识与关键能力要求】

重点知识要求：

- 电子产品检测与调试的基本操作规范；
- 垂直系统的工作原理。

关键能力要求：

- 垂直系统的检测与调试。

一、工作任务描述

有客户提供了一个示波器的实物，要求对其垂直系统进行检测与调试。

【任务要求】

- 根据客户要求提出项目操作方案；
- 把示波器的垂直系统分解成若干电路模块，对各模块进行检测与调试并分析其工作原理；
- 用常用仪器检测与调试垂直系统；
- 根据检测结果编写调试报告。

【任务环境】

- 以 2 人为一组组成工作团队，根据工作任务进行合理分工；
- 每组配示波器一台。

二、工作任务实施

子任务 1：把垂直系统分解为若干电路模块，小组内进行工作分工。

请思考：类似示波器的垂直系统的产品一般可分为几个电路模块，分别有什么功能？是否一块线路板就是一个电路模块？

子任务 2：各人分析各自的电路模块，小组内讨论完成检测点与调试元件的确定。

难点：（1）电路模块的工作原理。

（2）检测点与调试元件的确定。

子任务 3：各组使用常用仪器检测与调试垂直系统。

请提出：各组自行检测与调试，有哪些操作需要老师给予帮助？

子任务 4：根据检测与调试数据，完成调试报告。

三、实施步骤及要点

图 2-10 所示为垂直系统电路板。在对该电路板进行检测与调试时，通过识读电路图即可知道电路中各元器件的功能和需要进行调试的元器件。再将电路图与电路板对照，找到需要进行的检测点位置和调试的元器件即可进行测量与调整。

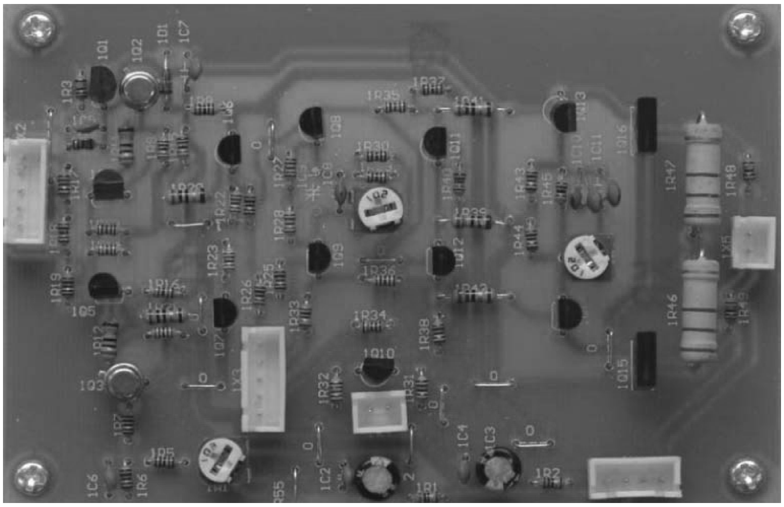


图 2-10 垂直系统电路板

垂直放大系统对输入的被测信号进行处理，以满足示波管显示信号波型所需的垂直方向的电压幅度。垂直放大系统电路由耦合方式选择电路、输入衰减电路，前置放大电路和输出放大电路等单元组成，电路原理如图 2-11 所示。

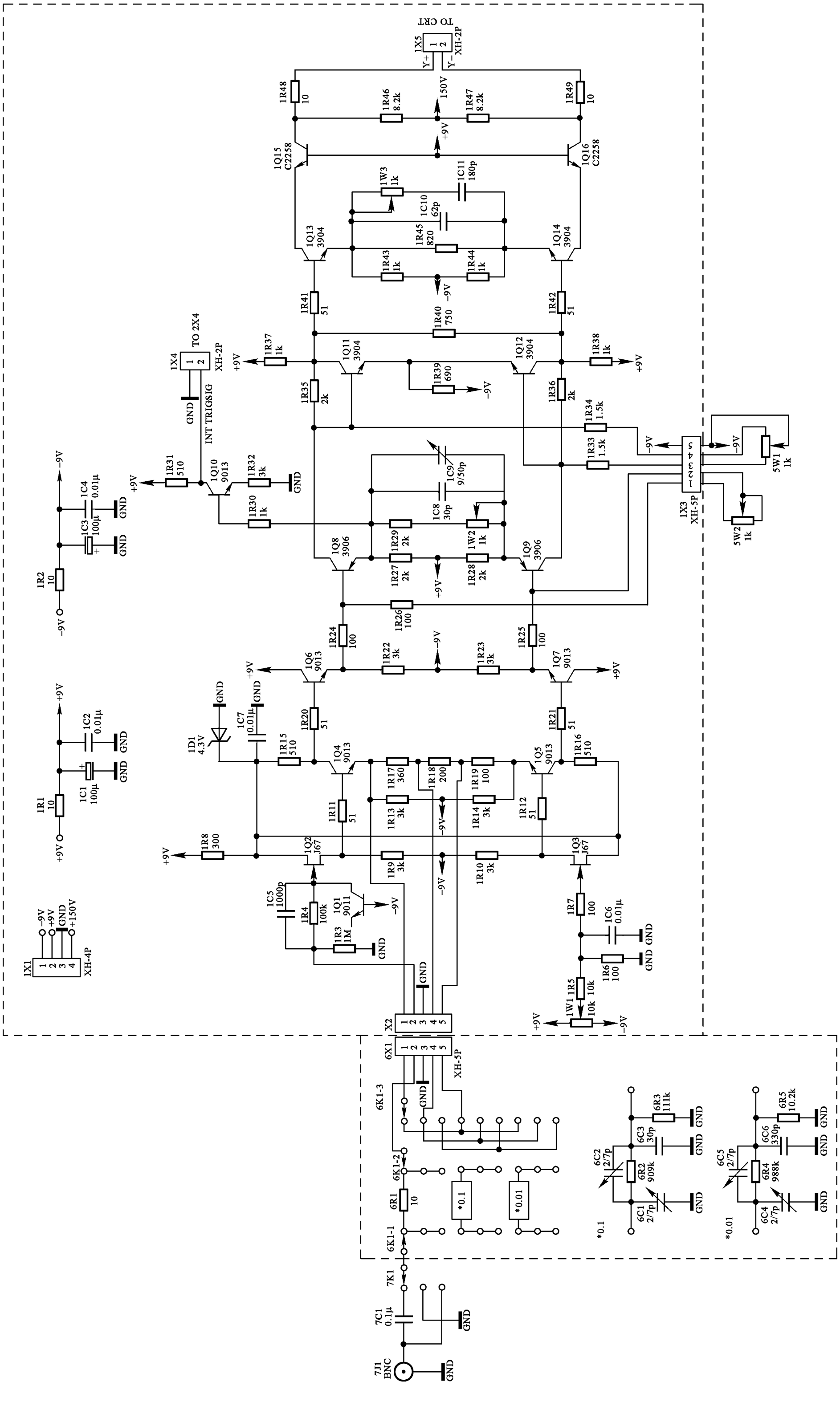


图 2-11 垂直放大系统电路

（一）耦合方式选择电路的检测

1. “AC”、“DC”、“GND”的检测

在Y输入接插口7J1分别输入交流信号和交直流混合信号，拨动挡级开关分别至“AC”、“DC”、“GND”，检测接插件7K1公共端的信号，并将其填入表2-5。

表2-5 耦合方式

输入信号	挡位开关	7K1公共端
1kHz、1V、offset=0V的正弦信号	AC	
	DC	
	GND	
1kHz、1V、offset=0.5V的正弦信号	AC	
	DC	
	GND	

2. 耦合方式选择电路原理

被测信号由Y输入接插口7J1（BNC）输入。经耦合选择开关7K1、“V/div”灵敏度选择开关6K1（6X1-1、6X1-2、6X1-3）进入前置放大器1Q2的栅极（源极跟随器）。7K1有三个挡级，即“AC”、“DC”和“GND”。当7K1置于“AC”挡时，被测信号通过电容7C1（0.1μF）耦合经6K1加到1Q2的栅极，这时，被测信号的直流分量将被隔掉；当置于“DC”挡时，被测信号的交、直流分量直接经6K1加到1Q2的栅极；7K1置于“GND”挡时，1Q2的栅极经6K1接地，被测信号也接至地端。

（二）输入衰减电路的检测

1. 高阻衰减检测

示波器不通电的情况下，在Y输入接插口7J1输入一个交流信号“1V，1kHz”，分别将灵敏度挡级开关置于20mV/div、50mV/div、100mV/div、200mV/div、500mV/div、1V/div、2V/div、5V/div、10V/div，检测经过高阻衰减后的信号，并将数据填入表2-6。

表2-6 高阻衰减

挡级开关位置	检测点	信号电压	衰减比
20mV/div			
50mV/div			
100mV/div			
200mV/div			
500mV/div			
1V/div			
2V/div			
5V/div			
10V/div			

2. 变增益衰减检测

示波器通电的情况下，在 Y 输入接插口 7J1 输入一个 1kHz 交流信号，灵敏度挡级开关置于 20mV/div、50mV/div、100mV/div 三挡时输入信号的电压为 50mV，灵敏度挡级开关置于 200mV/div、500mV/div、1V/div 三挡时输入信号的电压为 1V，灵敏度挡级开关置于 2V/div、5V/div、10V/div 三挡时输入信号的电压为 5V，检测经过增益衰减后的信号，并将数据填入表 2-7。

表 2-7 增益衰减

挡级开关位置	检 测 点	信 号 电 压	衰 减 比
20mV/div			
50mV/div			
100mV/div			
200mV/div			
500mV/div			
1V/div			
2V/div			
5V/div			
10V/div			

3. 输入衰减电路原理

衰减器的主要作用是用于设置不同的垂直灵敏度，将送入垂直系统的大信号的幅度降低或小信号的幅度提升，以便在荧光屏获得利于观测的、无失真的、幅度适当的图像。本示波器共有 9 个灵敏度挡级，即 20mV/div、50mV/div、100mV/div、200mV/div、500mV/div、1V/div、2V/div、5V/div、10V/div。

本示波器的衰减器电路由两级组成，第一级为高阻衰减器，衰减比有 1∶1、1∶10、1∶100；第二级为变增益衰减器，衰减比有 1∶1、1∶2、1∶5。面板上的灵敏度选择开关 6K1 为三层 9 挡波段开关，如图 2-11 所示，第 1、2 层用于高阻衰减器转换；第 3 层用于变增益型衰减器转换。第 1、2 层上 6K1 -1、6K1 -2 的 1 ~3 挡接 1∶1 衰减器，4 ~6 挡接 1∶10 衰减器，7 ~9 挡接 1∶100 衰减器；第 3 层上 6K1 -3 的 1、4、7 挡接 1∶1 衰减器，2、5、8 挡接 1∶2 衰减器，3、6、9 挡接 1∶5 衰减器。通过 6K1 开关三层组合，当其由 1 至 9 逐挡转换时，可实现 1∶1、1∶2、1∶5、1∶10、1∶20、1∶50、1∶100、1∶200、1∶500 衰减比的转换。

高阻衰减器的电路形式是补偿式宽带衰减器，如图 2-9 所示。例如，1∶10 衰减器是由 6R2、6R3、6C1、6C2、6C3 等元件组成的。衰减比由电阻 6R2、6R3//1R3 分压得到，即

$$\frac{6R_3 \times 1R_3}{6R_3 + 1R_3} : \left(6R_2 + \frac{6R_3 \times 1R_3}{6R_3 + 1R_3}\right) = \frac{111 \times 1000}{111 + 1000} : \left(906 + \frac{111 \times 1000}{111 + 1000}\right) \approx 1:10$$

电容 6C1 用于调整 Y 通道输入电容的大小，以适配无源探极的衰减要求；还可补偿高频衰减，消除高频自激振荡。6C2 用来补偿 Y 通道输入电容，使之获得宽带、平坦的响应。

变增益型衰减器是通过改变前置放大器中的差动放大电路 1Q4 与 1Q5 射极间负反馈电阻值实现的。当衰减比为 1∶1 时，电阻 1R17 和 1R18 被短接，负反馈电阻 RF 为 1R19（100Ω）；衰减比为 1∶2 时，电阻 1R17 被短接，负反馈电阻 RF 为 1R18（200Ω）和 1R19

（100Ω）（理论上算下来1R18应该是104Ω）；衰减比为1∶5时，电阻1R17、1R18和1R19全部接入电路，负反馈电阻RF为1R17（360Ω）、1R18（200Ω）和1R19（100Ω）（理论上算下来1R17应该是306Ω）。

（三）前置放大电路的检测与调试

① 不加输入信号，即7K1接GND，调节1W1使1Q4、1Q5构成的差动放大器输出端的直流电平平衡，然后检测1Q1～1Q7的各极电位，填入表2-8。

表2-8　前置放大电路电位

三　极　管	C(D)	B(G)	E(S)
1Q1			
1Q2			
1Q3			
1Q4			
1Q5			
1Q6			
1Q7			

② 在Y输入接插口7J1输入一个交流信号“1V，1kHz”，垂直灵敏度开关旋至0.5V/div挡，测量前置放大电路的输入和输出波形并在图2-12中描绘出来。

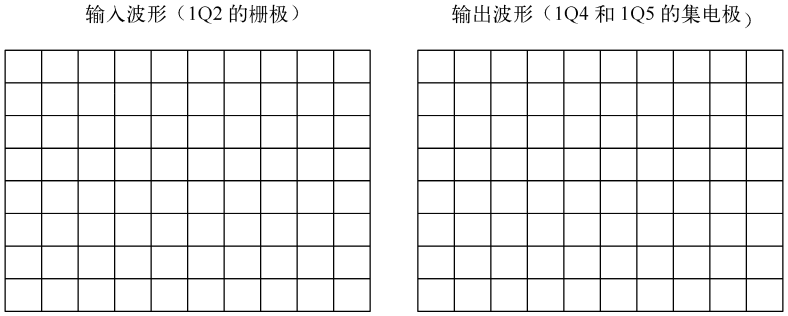


图2-12　前置放大电路的输入和输出波形

③ 调节5W2，观察由1Q6、1Q7构成的差动放大电路的输出波形，分析其作用并在图2-13中描绘出来。

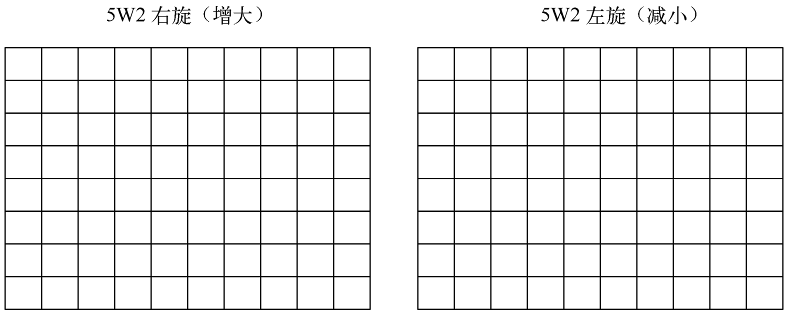


图2-13　差动放大电路的输出波形

④ 前置放大电路原理。前置放大器主要由1Q2～1Q7等元件组成。1Q2构成源极跟随器，起前后阻抗匹配作用，其输入阻抗高，约1MΩ，输出阻抗低，约几百欧，它为前级输入衰减器提供高阻负载，对后级差动放大器有较强的驱动能力。接在1Q2栅极的1Q1是保护管，主要用其集电结作二极管使用，对高压输出能做出快速反应，防止场效应管1Q2被大信号或强干扰击穿。1C5（1000p）对高频有提升作用。

1Q4与1Q5构成共射极单端输入双端输出差动放大电路。1Q3为1Q5基极提供适合的直流电平，调节电位器1W1能使差动放大器两个输出端的直流电平平衡。1Q4与1Q5射极间通过开关6K1接入三个不同阻值的负反馈电阻，得到1∶2∶5三种不同转换增益，作为变增益型衰减器使用。1Q6与1Q7构成共集电极双端输入双端输出差动放大器。面板上的“Y微调”旋钮标记是电路中的5W2，5W2是1Q6与1Q7射极间的一个负反馈电阻，调节它可以改变Y通道增益。

（四）垂直放大电路的检测与调试

① 在Y输入接插口7J1输入一个交流信号“1V，1kHz”的方波信号，垂直灵敏度开关旋至0.5V/div挡，调节1W2，将波形幅度调节至上下两格。

② 不加输入信号，即7K1接GND，检测1Q8～1Q16的各极电位，填入表2-9。

表2-9　垂直放大电路电位

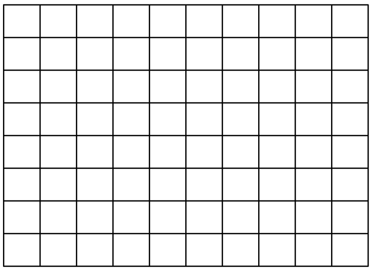
三极管	C	B	E
1Q8			
1Q9			
1Q10			
1Q11			
1Q12			
1Q13			
1Q14			
1Q15			
1Q16			

③ 在Y输入接插口7J1输入一个交流信号“1V，1kHz”，垂直灵敏度开关旋至0.5V/div挡，分别测量垂直放大电路的输入波形1Q8、1Q9的基极和内触发信号1Q10的集电极以及垂直放大电路的输出波形1Q15、1Q16的集电极波形，在测量1Q15、1Q16的输出波形中要注意不能短路，由于这一级的电压高，短路会烧坏垂直放大电路板。在图2-14中描绘垂直放大电路的输入波形、输出波形及内触发信号波形。

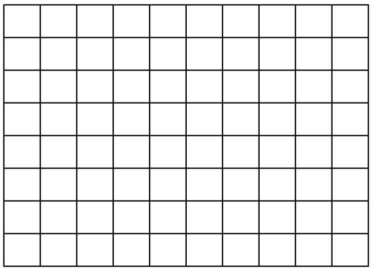
④ 调节5W1，检测1Q11、1Q12各极直流电压，填入表2-10，观察由1Q11、1Q12构成的差动放大电路输出波形的变化，同时观察示波器荧光屏上波形的变化。

⑤ 在Y输入接插口7J1输入一个高频信号（20MHz），调节1W3，观察垂直放大电路输出波形的高频响应特性，使其处于最佳状态。

垂直放大电路的输入波形



垂直放大电路的输出波形



内触发信号波形

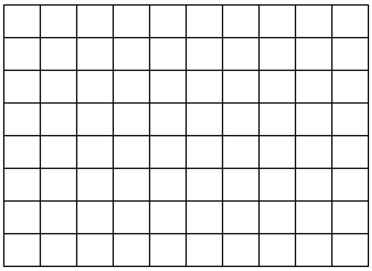


图2-14　垂直放大电路的输入波形、输出波形及内触发信号波形

表2-10　1Q11、1Q12的电位变化

三极管	1Q11			1Q12		
	E	B	C	E	B	C
正常						
右旋						
左旋						

⑥ 垂直放大电路原理。从Y输出电路（主放大器）的原理图（见图2-11）中可以看到，1Q8、1Q9、1Q11～1Q16等元器件组成了三重差动放大电路。由1Q8、1Q9和1Q11、1Q12分别组成第一层和第二层共射极双端输入双端输出差动放大电路。1Q8和1Q9射极间的可调负反馈电阻1W2（1kΩ）用于校准垂直灵敏度，电容1C8、1C9对超高频有提升作用。1Q11（1Q12）集电极与基极间的电阻1R35（1R36）是电压并联负反馈电阻，可改善电压增益的稳定性，减小非线性失真，扩展频带宽度，稳定直流工作点。面板上的“Y位移”旋钮，即5W1电位器，它的两个端头分别通过一个电阻接到1Q11和1Q12的基极，电位器的可调端中心抽头接-9V电压，通过调节5W1的中心抽头的位置，可改变两管的偏置电位，从而改变两管集电极直流电平的差值，使荧光屏显示的信号向上或向下移动。

1Q13～1Q16组成第三重共射共基组合的双端输入、双端输出差动放大电路，这种组态电路高频特性好，电压增益高。1Q13和1Q14射极间接的电容1C10和可调电阻1W3与之相串联的电容1C11主要是用于改善放大电路的高频特性，调节1W3的阻值可改变其高频补偿程度。1Q15和1Q16的集电极供电电压为+150V，其互补对称输出电压送至Y+和Y-偏移

板，为光点垂直偏移提供驱动电压。

由 1Q10 等元件组成的共射极放大电路，主要是对从 1Q8 射极提取的内触发信号进行放大，并送至同步触发电路，信号是通过接插件 1X4 和 2X4 进行传送。

四、练习与思考

1. 示波器的耦合方式是如何选择的？

2. 垂直灵敏度选择开关各挡的衰减系数是如何计算的？如何合理选择垂直灵敏度开关的挡级？

3. 调整前置放大电路平衡的意义是什么？如何调整？

4. 结合本工作任务实施的体会，谈谈如何合理选择仪器和使用正确的调试方法来提高测试数据的准确性并使垂直系统达到最佳状态。

任务 2–3 水平系统的检测与调试

通过任务 2–2 的学习，我们已经掌握了垂直系统检测与调试的一般方法，在本任务中将完成示波器水平系统的检测与调试。通过本任务，需掌握以下内容：

- 理解水平系统的工作原理；
- 掌握用常用仪器检测和调试水平系统的方法；
- 了解电子产品检测与调试的操作程序及规范；
- 熟悉与职业相关的安全法规、道德规范和法律知识。

【重点知识与关键能力要求】

重点知识要求：

- 电子产品检测与调试的基本操作规范；
- 水平系统的工作原理。

关键能力要求：

- 水平系统的检测与调试。

一、工作任务描述

有客户提供了一个示波器的实物，要求对其水平系统进行检测与调试。

【任务要求】

- 根据客户要求提出项目操作方案；
- 把示波器的水平系统分解成若干电路模块，对各模块进行检测与调试并分析其工作原理；
- 用常用仪器检测与调试水平系统；
- 根据检测结果编写调试报告。

【任务环境】

- 以 2 人为一组组成工作团队，根据工作任务进行合理分工；
- 每组配示波器一台。

二、工作任务实施

子任务 1：把水平系统分解为若干电路模块，小组内进行工作分工。

请思考：类似示波器的水平系统的产品一般可分为几个电路模块，分别有什么功能？是否一块线路板就是一个电路模块？

子任务 2：各人分析各自的电路模块，小组内讨论完成检测点与调试元件的确定。

难点：（1）电路模块的工作原理。

（2）检测点与调试元件的确定。

子任务 3：各组使用常用仪器检测与调试水平系统。

请提出：各组自行检测与调试，有哪些操作需要老师给予帮助？

子任务 4：根据检测与调试数据，完成调试报告。

三、实施步骤及要点

水平扫描系统又称 X 信道系统，也称时基系统，其作用是使电子束在荧光屏上造成与时间成正比的水平位移，即时间基线，从而把被测信号时间变化关系展示在荧光屏上，形成被测信号的图像。水平扫描系统主要由同步触发电路、扫描信号发生器、水平（X）放大器等单元组成。同步触发电路的作用是使被测信号波形在荧光屏上稳定不动；扫描发生器的作用是产生锯齿波扫描电压；水平放大器的作用是放大由扫描发生器所产生的锯齿波电压或“外”水平信号，使其幅度达到要求。

（一）同步触发电路的检测与调试

同步触发电路的主要作用，是使加至示波管水平偏转板上的锯齿波扫描电压，与加至示波管垂直偏转板上的被测信号电压相“同步”，从而使荧光屏所显示的图像稳定不动，以便观测。该单元主要由同步信号选择电路（内外触发信号选择电路）、脉冲形成及触发极性选择电路和放大电路等组成，同步触发电路如图 2-15 所示。

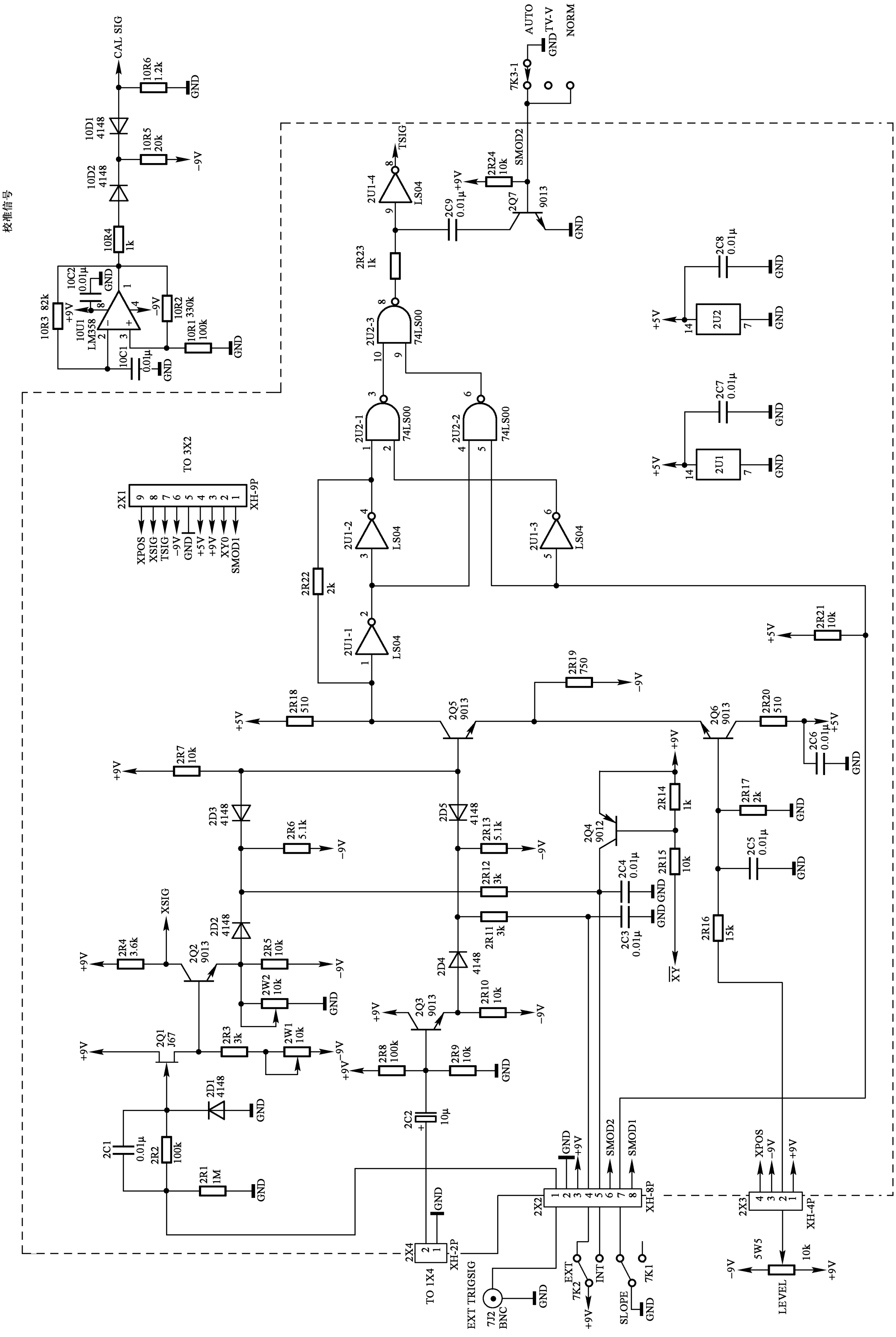
1. 同步触发电路板

图 2-16 所示为同步触发电路板，在对该电路板进行检测与调试时，通过识读电路图即可知道电路中各元器件的功能和需要进行调试的元器件。再将电路图与电路板对照，找到需要进行的检测点位置和调试的元器件即可进行测量与调整。

2. 检测触发信号选择电路

① 分析触发信号选择电路。触发信号可以选择内部信号，也可以选择外部信号，对照 PCB 板，找到对应的元器件，请分析内触发输入信号通路和外触发输入信号通路的信号走向。

② 二极管的检测。开关 7K2 分别置于 INT（内触发）和 EXT（外触发）位置时，检测二极管 2D2 ~2D5 的正负极电位以及判断其工作状态，填入表 2-11。



校准信号
CAL SIG
10R6 1.2k
10D1 4148
10R5 20k
10D2 4148
10R4 1k
10C2 0.01μ
10R3 82k
10U1 LM358
10R2 330k
10R1 100k
10C1 0.01μ
TSIG
2U1-4 LS04
2R24 10k
2C9 0.01μ
2Q7 9013
SMOD2
7K3-1
AUTO
TV-V
NORM
2R23 1k
2U2-3 74LS00
2U2-1 74LS00
2U2-2 74LS00
2C8 0.01μ
2C7 0.01μ
2U2
2U1
TO 3X2
2X1
XH-9P
XPOS
XSIG
TSIG
-9V
GND
+5V
+9V
XY0
SMOD1
2U1-2 LS04
2U1-3 LS04
2R22 2k
2U1-1 LS04
2R21 10k
2R19 750
2R18 510
2Q5 9013
2Q6 9013
2R20 510
2C6 0.01μ
2R7 10k
2D3 4148
2D5 4148
2R14 1k
2Q4 9012
2R17 2k
2R6 5.1k
2R13 5.1k
2R15 10k
2C5 0.01μ
2C4 0.01μ
2R12 3k
2R11 3k
2C3 0.01μ
2R16 15k
XSIG
2R4 3.6k
2Q2 9013
2D2 4148
2R5 10k
2D4 4148
2W2 10k
2Q3 9013
2R10 10k
2Q1 J67
2R3 3k
2W1 10k
2R8 100k
2R9 10k
2D1 4148
2C2 10μ
2C1 0.01μ
2R2 100k
2R1 1M
SMOD2
SMOD1
2X2
XH-8P
2X3
XH-4P
2X4
XH-2P
TO 1X4
EXT TRIGSIG
7J2 BNC
EXT
INT
7K2
SLOPE
7K1
5W5 10k
LEVEL

图 2-15 同步触发电路

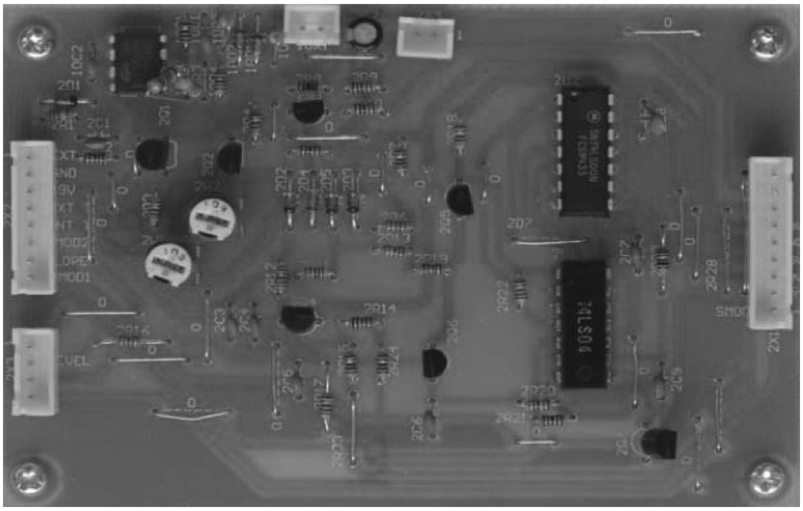


图 2-16　同步触发电路板

表 2-11　二极管的检测

二极管	内触发			外触发		
	正极	负极	状态	正极	负极	状态
2D2						
2D3						
2D4						
2D5						

③ 开关 7K2 置于 INT（内触发）位置时，检测 2Q3、2Q5 各极电位，填入表 2-12；在 Y 输入接插口 7J1 输入一个交流信号“1V，1kHz”，垂直灵敏度开关旋至 0. 5V/div 挡，测量 2Q3 基极和 2Q5 集电极的波形绘于图 2-17 中。

表 2-12　选择内触发同步信号

三　极　管	C	B	E
2Q3			
2Q5			

2Q3 基极波形　　2Q5 集电极波形

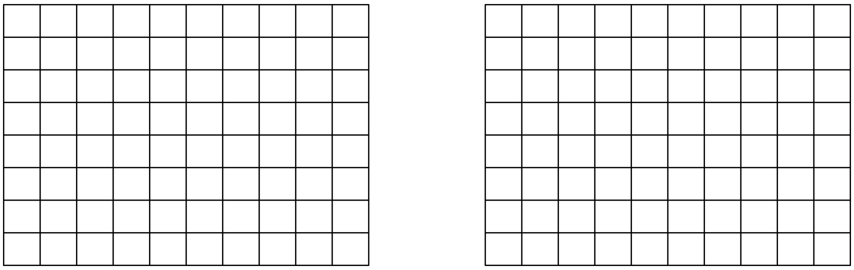


图 2-17　2Q3 基极和 2Q5 集电极波形

④ 开关7K2 置于“EXT”（外触发）位置时，检测2Q1、2Q2 和2Q5 各极电位，填入表2-13；在7J2 输入口输入一个交流信号“128mV，1kHz”，测量2Q5 的集电极波形，绘于图2-18 中。

表 2-13　选择外触发同步信号

三　极　管	C(D)	B(G)	E(S)
2Q1			
2Q2			
2Q5			

2Q5 的集电极波形

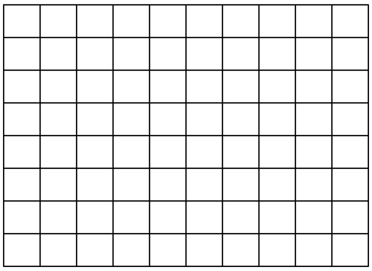


图 2-18　2Q5 集电极波形

⑤ 调节2W1、2W2，观察2Q1 的源极、2Q2 的射极电位的变化，并将其调至合适位置。

⑥ 触发信号选择电路原理。所谓同步就是将某一频率的作用电压输入到振荡器中，迫使振荡器的振荡频率与作用电压的频率相等。

同步触发信号可以选择内部信号，也可以选择外部信号。选择内部信号还是选择外部信号，可通过具体的选择电路来实现，具体电路原理如图2-15 所示。内外信号选择电路是由二极管2D2、2D3、2D4、2D5 和三极管2Q4 及开关7K2 组成的。其工作过程是：当开关7K2 置于INT（内触发）方式时，+9V 通过电阻2R12 加到2D2、2D3 的负极(此时三极管2Q4 截止)，使2D2 反偏而截止，阻断外触发信号送至2Q5 的通路，此时2D4、2D5 正向导通（因 -9V 通过2R13 加到2D4、2D5 两个二极管的负极），开通了内触发信号送至2Q5 基极的通路；同理，当开关7K2 置于“EXT”（外触发）位置时，同样，+9V 通过电阻2R11 加到2D4、2D5 的负极，使2D4 反偏而截止，阻断内触发信号至2Q5 基极的通路，而这时，2D2、2D3 正向导通，开通外触发信号通过2Q1、2Q2 至2Q5 基极的通路。

- 内触发输入。内触发信号由垂直放大系统电路板1Q10 的集电极取出，通过1X4 接插座至同步触发电路的2X4 接插座，再接至2Q3 的基极。此信号的交流分量由射极跟随器2Q3 缓冲（其输入电阻约9K）选择开关二极管2D4、2D5 接至差动放大电路2Q5 的基极。
- 外触发输入信号。外触发信号由面板上的BNC 接插口7J2 输入后经2X2 接插座至2Q1 的栅极，此外触发信号由源极跟随器2Q1 缓冲。电阻2R1、2R2，电容器2C1，二极管2D1 等元器件组成2Q1 栅极的输入网络。其中2R1、2R2 为栅极偏置电阻，同时提供约1MΩ 输入电阻；2D1 与2R2 对输入信号负向限幅；2C1 改善输入信号

的高频特性。被缓冲的输入信号由 2Q1 的源极输出。2Q1 的源极可调电阻 2W1 用于设置源极电平，为放大电路 2Q2 提供合适的直流偏置。外触发信号经 2Q2 进一步被缓冲从射极输出，经选择开关二极管 2D2、2D3 接至差动放大电路 2Q5 的基极。2Q2 的集电极输出已放大的 *X* 轴信号，经接插座 2X1 的 8 脚送至水平扫描板（由 3X2 引入）；2Q2 射极可调电阻 2W2 主要用于调节其直流偏置。

X 信号（水平输入）与外触发信号共用一个输入端（7J2，BNC）。由 2Q4 等元件组成的电路作用是：当示波器工作于 X－Y（外扫描信号由此引入）方式时，为了不使 X 信号产生水平扫描触发信号，2Q4 基极偏置电阻 2R15 的一端通过接插座 2X1、3X2 接到水平扫描发生器及放大器电路板，当扫描开关 6K2 置于“X－Y”时，2R15 的一端接地，使 2Q4 管饱和，近 +9V 的电压通过电阻 2R12 加到 2D2、2D3 的负极，使 2D2 截止，阻断了 X 信号至 2Q5 基极的通路。而 6K2 置于其他位置时，2R15 的一端通过电阻 3R26 的（10kΩ）接 +9V，使 2Q4 截止（此时 2Q4 的集电极为低电平），所以，不影响外触发方式时的正常工作。

3. 检测触发极性选择电路

示波器的触发极性有正极性和负极性，由开关 7K1 控制，在 Y 输入接插口 7J1 输入一个交流信号“1V，1kHz”，垂直灵敏度开关旋至 0.5V/div 挡，使用内触发方式进行下面的检测。

① 7K1 分别拨向“+”和“-”时，检测 2U1-3 的输入和输出电位，填入表 2-14。

表 2-14　电位检测

开　　关	位　　置	2U1-3 输入	2U1-3 输出
7K1	“+”		
	“-”		

② 7K1 分别拨向“+”和“-”时，用双踪检测 2Q5 的集电极和触发脉冲（2U1-4 的输出），绘制正、负极性触发的波形如图 2-19 所示。

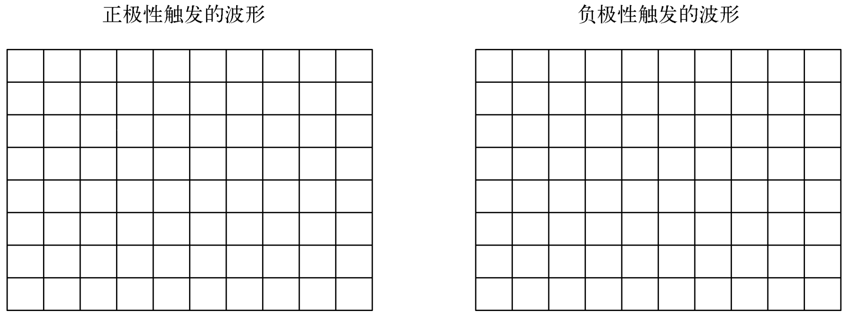
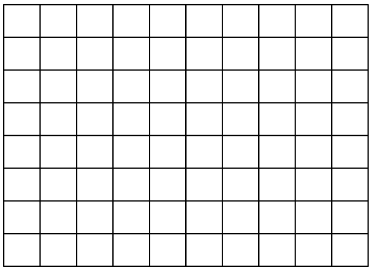


图 2-19　正、负极性触发的波形

③ 触发极性选择正极性，面板上的触发方式开关 7K3-1 分别置于“AUTO”（自动模式）、“NORM”（常态模式）、“TV-V”位置时，检测触发脉冲（2U1-4 的输出），在“TV-V”位置时输入信号的频率要高于 100kHz。绘制相关波形（见图 2-20）。

"AUTO"（"NORM"）时的波形



"TV–V"时的波形

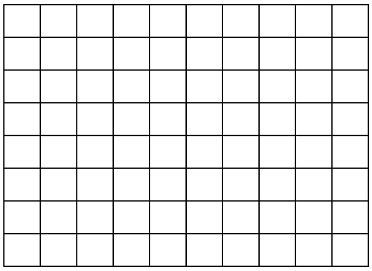


图 2–20 "AUTO"和"TV – V"时的波形

④ 触发极性选择电路原理。触发极性选择电路主要由面板上的触发极性选择开关 7K1 及非门 2U1 – 1、2U1 – 2、2U1 – 3 和三个与非门 2U2 – 1、2U2 – 2、2U2 – 3 等元器件组成，如图 2–13 所示。图中的非门 2U1 – 4 为触发脉冲输出电路。

当 7K1 拨向"+"时（此时接地，为低电平），信号通过非门 2U1 – 3 后，输出为"1"（高电平），因此，此时与非门 2U2 – 1 输入端②脚为"1"（高电平），与非门 2U2 – 1 被打开，如图 2–13 所示。因而 2U2 – 1 输出端③脚的信号会随同前级 2Q5 的输出信号输送至 2U2 – 3 的输入端⑩脚；2U2 – 3 的另一个输入端⑨脚的信号来自于 2U2 – 2 的输出，分析这时的 2U2 – 2 输出应该为"1"（高电平），2U2 – 3 与非门的门同样也被打开，因而 2U2 – 3 输出就随同 2U2 – 1 的输出，也就是前级 2Q5 的输出，我们称这种为正触发状态。

反之，当 7K1 拨向"–"时（悬空状态，即为高电平），此时，2U1 – 3 的输出为"0"（低电平），因此，2U2 – 1 的 2 脚输入为低电平（"0"），所以，2U2 – 1 封锁了正触发脉冲（0 与任何数进行"与"运算等于 0，再进行非运算，输出为 1），如图 2–13 所示。这时，2U2 – 2 的输入端 5 脚为"1"，即高电平。再说 2U2 – 2 的另一个输入端 6 脚接 2U1 – 1 的输出端（该端的信号与 2Q5 的输出信号反相），因此，2U2 – 2 选通负触发脉冲，所以，2U2 – 3 输出也是负触发脉冲。因而实现了触发极性的选择。

当面板上的触发方式开关 7K3 – 1，置于"AUTO"（自动模式）或"NORM"（常态模式）位置时，三极管 2Q7 截止，即 2Q7 的集电极为高电平状态，因此，非门 2U1 – 4 将 2U2 – 3 输出的正或者负脉冲倒相输出。当 7K3 – 1 置于"TV – V"时，2Q7 饱和导通，此时将使 2U2 – 3 输出的触发脉冲经电容 2C9 短路接地。

4. 检测放大整形电路

① 调节 5W5，检测 2Q5、2Q6 各极电位，填入表 2–15。

表 2–15 放大整形电路的电位

三 极 管	检测点	正常	5W5 顺时针调节	5W5 逆时针调节
2Q5				
2Q6				

② 调节 5W5，观察触发脉冲（2U1 -4 的输出）的波形变化（见图 2-21）。

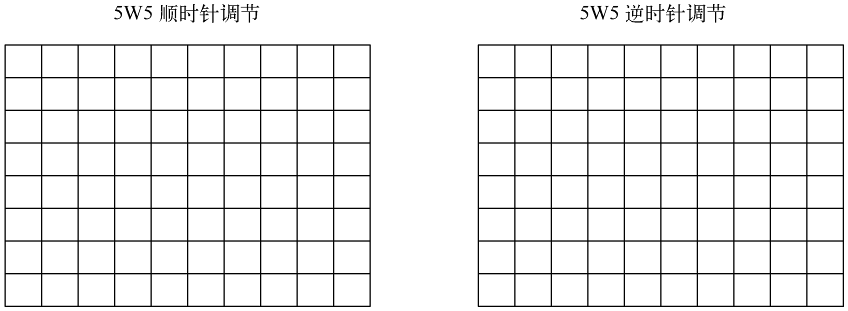


图 2-21　5W5 顺时针和逆时针调节波形

③ 放大整形电路原理。放大整形电路主要由三极管 2Q5、2Q6 等元器件组成。调节面板上触发电平电位器 5W5 的旋钮时，2Q6 的集电极电流 IC6 会改变，从而引起 2Q5 管的射极电位改变，进而改变 2Q5 的直流工作点，使由 2Q5 放大的内触发信号或外触发信号的直流电平向上或向下移动。当触发信号幅值较小时，会使 2Q5 集电极直流电平上移，从而使由两个非门（2U1 -1、2U1 -2）组成的施密特触发器易于被触发。当触发信号幅值足够大时，能通过调节 5W5 改变 2Q5 集电极直流电平，可改变施密特触发器产生触发脉冲的位置。

（二）扫描发生器电路的检测与调试

扫描发生器电路主要由触发器控制电路、积分电路、反馈电路、施密特电压比较器、输出电路等组成。在触发控制电路的作用下，产生锯齿波扫描电压。主要元器件由 3U1、3U2、3Q1 ~3Q6、3D1 ~3D5 及相关电阻和电容构成，电路原理如图 2-22 所示。

1. 识读扫描发生器电路

图 2-23 所示为水平系统电路板，在对该电路板进行检测与调试时，通过识读电路图即可知道电路中各元器件的功能和需要进行调试的元器件。再将电路图与电路板对照，找到需要进行的检测点位置和调试的元器件即可进行测量与调整。

2. 检测扫描发生器电路

Y 通道输入“1V，1kHz”正弦波，正极性、NORM、内触发，垂直灵敏度开关旋至 0.5V/div、扫描速率开关旋至 0.2ms/div，荧光屏出现稳定的波形。

（1）检测触发器控制信号（3U1 -1 的 6 脚）

用双踪检测 TSIG 和 Q 的波形（绘于图 2-24），观察波形的频率和时间对应关系。

触发器控制电路主要由 3U1 -1、3U2 -1、3D1 ~3D2 及相关电阻和电容元件构成。该控制电路是在同步触发信号的作用下，用施密特电压比较器输出的信号，去控制由 3Q1、3D4 等元件组成的开关电路的通或断，从而控制积分电路的充放电。

触发控制电路中的主要元件 3U1（74LS74）是一个双 D 触发器，它的引脚图如图 2-25 所示。集成电路 74LS74 内含有两个独立的上升沿双 D 触发器，每个触发器有数据输入（D）、置位输入（$\overline{S}_D$）、复位输入（$\overline{R}_D$）、时钟输入（CP）和数据输出（Q、$\overline{Q}$）。

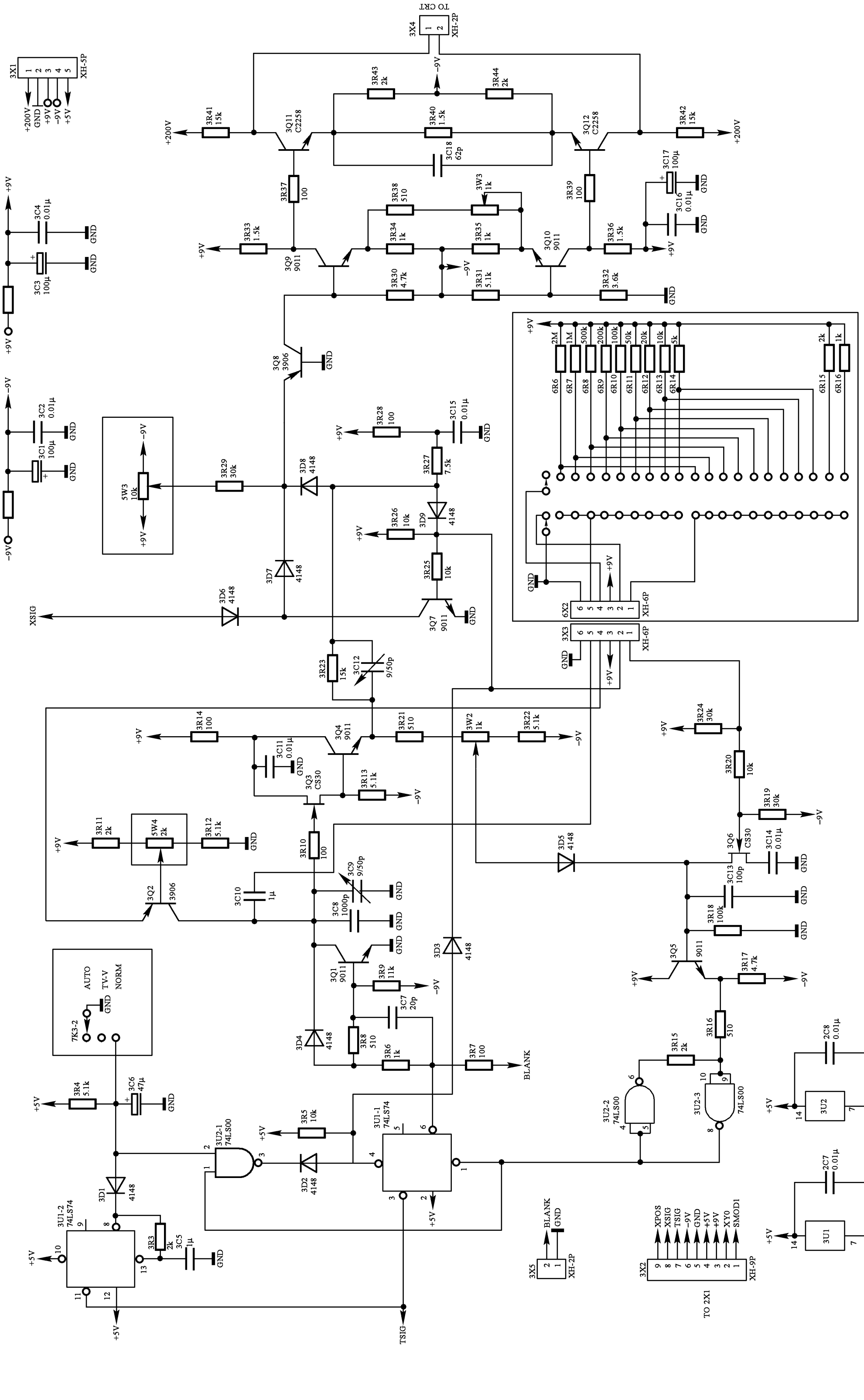


图 2-22 扫描发生器及放大电路

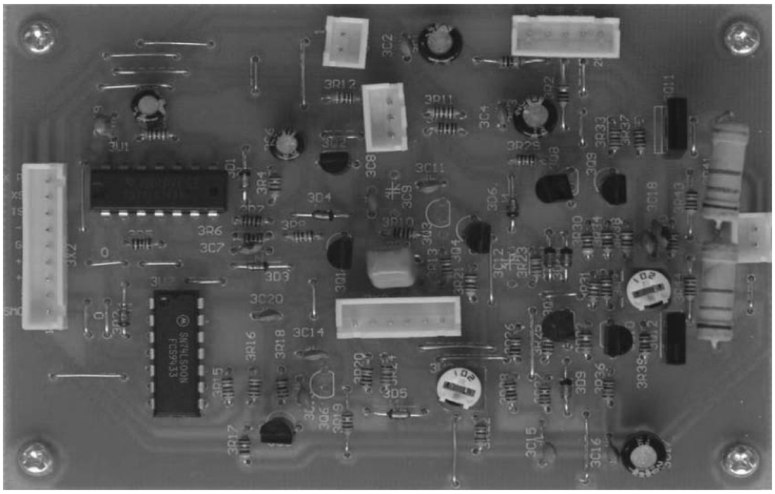


图 2-23　水平系统板

触发器控制信号波形

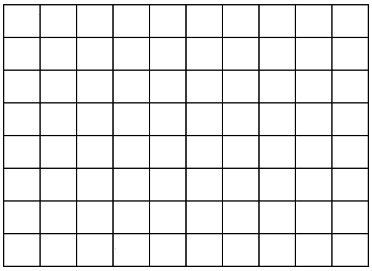


图 2-24　触发器控制信号波形

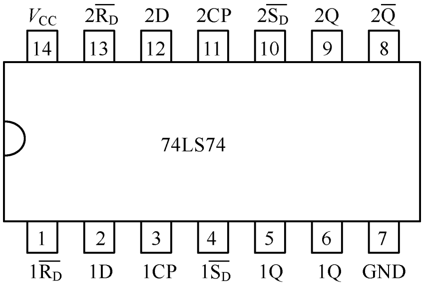


图 2-25　74LS74 引脚图

$\overline{S}_D$、$\overline{R}_D$的低电平使输出预置或清除（低电平有效），而与其他输入端的电平无关。当$\overline{S}_D$、$\overline{R}_D$均无效（高电平式）时，符合建立时间要求的 D 数据在 CP 上升沿作用下（下降沿不作用）传送到输出端，具体功能如表 2-16 所示。

表 2-16　74LS74 逻辑功能表

<table>
<tr><th>$\overline{S}_D$</th><th>$\overline{R}_D$</th><th>CP</th><th>D</th><th>Q^n</th><th>Q^{n+1}</th><th>$\overline{Q^{n+1}}$</th><th>逻辑功能</th></tr>
<tr><td>0</td><td>1</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>1</td><td>0</td><td>异步置 1</td></tr>
<tr><td>1</td><td>0</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>0</td><td>1</td><td>异步清零</td></tr>
<tr><td rowspan="2">1</td><td rowspan="2">1</td><td rowspan="2">↑</td><td rowspan="2">0</td><td>0</td><td rowspan="2">0</td><td rowspan="2">1</td><td rowspan="2">置 0</td></tr>
<tr><td>1</td></tr>
<tr><td rowspan="2">1</td><td rowspan="2">1</td><td rowspan="2">↑</td><td rowspan="2">1</td><td>0</td><td rowspan="2">1</td><td rowspan="2">0</td><td rowspan="2">置 1</td></tr>
<tr><td>1</td></tr>
</table>

（2）检测锯齿波

用双踪检测$\overline{Q}$和 3Q4 发射极的波形，3Q4 发射极和 3Q5 基极的波形，记录波形对应时间和相位关系（见图 2-26）。

$\overline{Q}$ 和 3Q4 发射极的波形　　　　3Q4 发射极和 3Q5 基极的波形

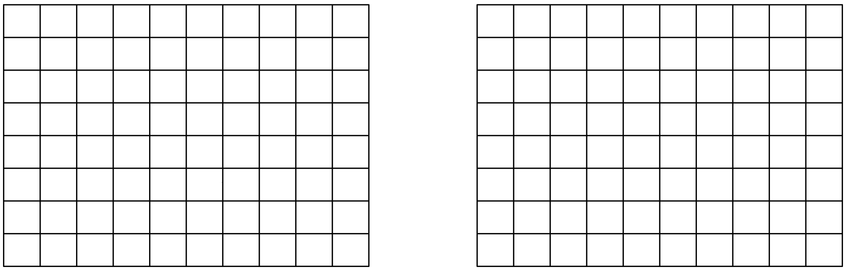


图 2-26　3Q4 发射极和 3Q5 基极的波形

① 开关电路工作原理。开关电路主要有 3C7、3R6～3R9、3D4、3Q1 等元件组成。当触发控制电路输出（3U1－1 的 6 脚）高电平时，3Q1 饱和导通，其集电极（C）对地导通（相当于开关合上）；当触发控制电路输出低电平时，3Q1 截止，集电极（C）对地开路（相当于开关断开）。通过开关电路来控制恒流源电路的工作。

② 恒流源电路工作原理。恒流源电路由 3Q2、3R11、5W4、3R12、6K2、6R6～R16 等元件构成。恒流源（电流）设定电阻（6R6～6R16）的一端接＋9V 电源，另一端通过开关 6K2－2 接至 3Q2 的发射极。其工作原理是：通过改变 3Q2 的发射极电阻，从而使其集电极电流得到改变，进而改变积分电容的充电速率。面板上的“X 微调”旋钮 5W4，用于微调扫描线长度，它通过调节 3Q2 基极偏置电阻值来实现基极电流的改变，从而实现改变集电极电流。

③ 积分电路工作原理。假如触发控制电路（3U1－1 的 6 脚）输出低电平，使 3Q1 截止（相当于开关断开），这时电源通过恒流源电路 3Q2 向积分电容 3C8～3C10 充电，电容上的电压线性上升；如果触发控制电路输出高电平，那么 3Q1 就饱和导通（相当于开关合上），这时就会使积分电容通过 3Q1 迅速放电。这样不断地充电、放电，就会产生 X 板所需要的周期性变化的锯齿波扫描信号。

锯齿波的周期主要由充放电的速率决定，而充放电的速率除了取决于恒流源电流大小外，还与积分电容器的容量大小有关。

面板上的扫描开关 6K2 是两层 21 挡波段开关，用来设置水平扫描时间。第 1～20 挡设定的扫描时间分别为 0. 1μs/div、0. 2μs/div、0. 5μs/div、1μs/div、2μs/div、5μs/div、10μs/div、20μs/div、50μs/div、0. 1ms/div、0. 2ms/div、0. 5ms/div、1ms/div、2ms/div、5ms/div、10ms/div、20ms/div、50ms/div、0. 1s/div、0. 2s/div，第 21 挡为 X－Y 方式。

分析图 2-20 所示电路，开关的 6K2－2 层接恒流源电流设定电阻，各挡级分配是按 1、2、5 制配置的。与第 1～11 挡级相关联的电阻分别为 1kΩ、2kΩ、5kΩ、10kΩ、20kΩ、50kΩ、……、2MΩ；与第 12～20 挡级相关联的电阻分别为 5kΩ、10kΩ、20kΩ、50kΩ、……、2MΩ。改变这些电阻的大小，可控制恒流源电流的大小。

开关的 6K2－1 层分别接不同的积分电容（包括 3Q5 基极电容）及 X－Y 方式设置。通过改变开关 6K2－1 的位置，来改变积分电容的量值，实现锯齿波周期的变化。积分电容有两种取值：一是开关 6K2－1 调至 1～11 挡，积分电容为 1000pF(3C8)＋9. 9pF(3C9)；二是开关 6K2－1 调至 11～20 挡，积分电容为 1000pF＋9. 9pF＋1μF(3C10)。另外，在控制开关 6K2－1 的位置时，还能控制 3Q5 基极电容。这里也有两个取值，在第 1～11 挡时，基极电

容为100pF（3C13）。这是因为3R20与3R24的结点接地，3Q6截止，该路相当于断开；在第12～20挡时，3R20与3R24的结点悬空，3Q6导通，3Q5基极电容为100pF＋0.01μF（3C14）。3Q5基极电容也会对积分周期产生影响。

（3）检测施密特电压比较器输出

用双踪检测3Q5基极和施密特电压比较器输出（3U1－1（1））的波形（绘于图2-27），记录波形对应时间和相位关系。

施密特电压比较器输出波形

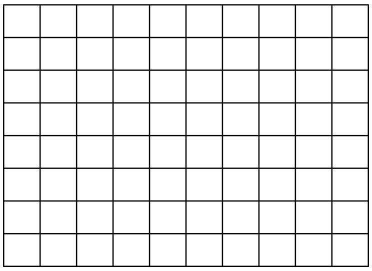


图2-27　施密特电压比较器输出波形

施密特电压比较器的主要作用是对反馈电路输出的电压信号进行比较，当高于高电平阈值时输出低电平，低于低电平阈值时输出高电平，为控制器3U1提供反馈信号。施密特电压比较器电路主要由与非门3U2－2、3U2－3和电阻3R15、3R16等组成。具体工作原理分析如下：当反馈信号通过3Q5基极，至3Q5的发射极，当3Q5发射极电位上升到施密特触发器3U2－2、3U2－3上门限时，与非门3U2－3的输出端（8脚）为“低”［3U2－2的输出端（6脚）为高］，从而使D触发器3U1－1清零，使其$\overline{Q}$端变为高电平。$\overline{Q}$端输出高电平使3Q1饱和导通，集电极变低电平，这时，积分电容就通过其迅速放电，电压迅速下降，从而使3Q3、3Q4、3Q5和各电极电位也跟着下降。当3Q5的发射极电位下降至施密特触发器下门限，非门3U2－3的输出变“高”，这里使与非门3U2－1输出为低（因为此时它的两个输入端均为“高”），通过二极管3D2使3U1－1D触发器置“1”，其$\overline{Q}$端又变为低电平。由于3U1－1的$\overline{Q}$端输出低电平，从而使3Q1截止，3Q2又向积分电容充电，如此循环下去，在3Q4的射极就产生了周期性锯齿波信号。

D触发器3U1－2为单次脉冲产生器，此电路$\overline{Q}$的常态为高电平。当扫描方式开关7K3－2置于AUTO（或TV－V）时，CP端有触发脉冲时，$\overline{Q}1$－2端便产生一个负脉冲，其宽度约为$1.2R_3C_5=2.4$ms，该负脉冲信号通过3U2－1与非门，将封锁D触发器3U1－1的S端，只有触发信号频率低时，才能产生自激锯齿波信号。

当7K3－2置于NORM时，与非门3U2－1的一个输入端（2脚）接地，使D触发器3U1－1的S端也处于封锁状态。当触发脉冲来时，3U1－1的$\overline{Q}$变低→3Q1截止→积分电路充电→3Q3、3Q4、3Q5发射极电位上升→施密特触发器反转→3U2－3输出变低→3U1－1清零，$\overline{Q}$端变高→3Q1饱和导通→积分电容放电→直到下一个触发脉冲来时3U1－1的$\overline{Q}$再变低。积分电容循环充放电过程是在触发脉冲作用下产生的，3Q4射极输出扫描锯齿波的起点

与触发信号是同步的。当7K3－2置于“AUTO”时，触发信号频率高于几百赫兹时，在3U1－2产生的单次负脉冲的作用下，扫描信号也是与触发信号同步产生的。

（4）扫描速率的检测

分别改变面板上的扫描速率开关，将扫描速率开关分别旋至0.5ms/div、1ms/div和2ms/div三挡时，检测锯齿波信号（绘于图2-28中）。

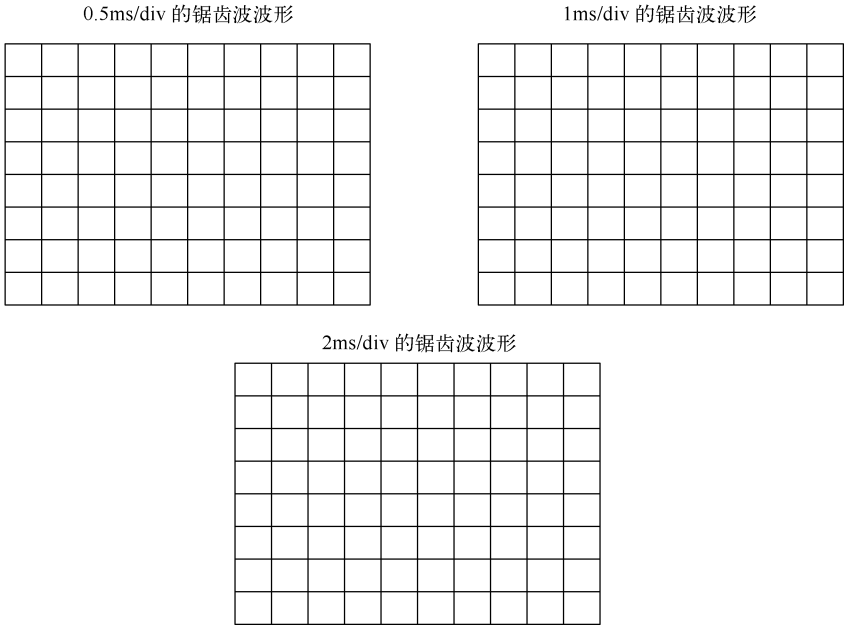


图2-28　不同扫描速率的锯齿波波形

（5）X微调的检测

调节5W4，观察锯齿波上升速率的变化和屏幕上扫描线长度的变化（绘于图2-29中）。

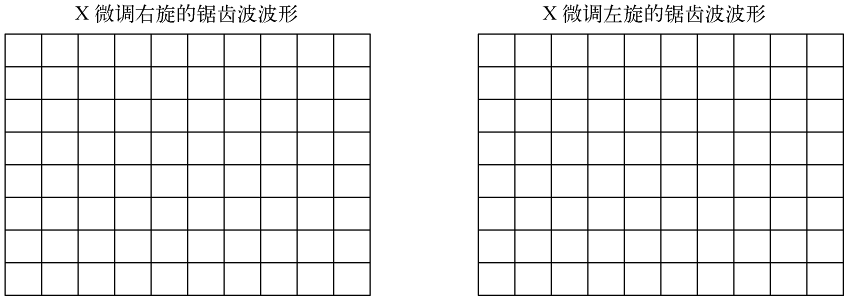


图2-29　X微调时的锯齿波波形

（6）检测反馈电路

调节3W2，观察屏幕上扫描线长度的变化（绘于图2-30中）。

反馈电路主要由3Q3～3Q6、3D5、3R17～3R20、3R24、3W2和逆程电容3C13、3C14等阻容元器件组成。调节3W2可调节反馈强度，选用不同的逆程电容可改变逆程时间。

反馈电路工作原理分析：假如，当扫描方式开关7K3－2置于AUTO（或TV－V）位置

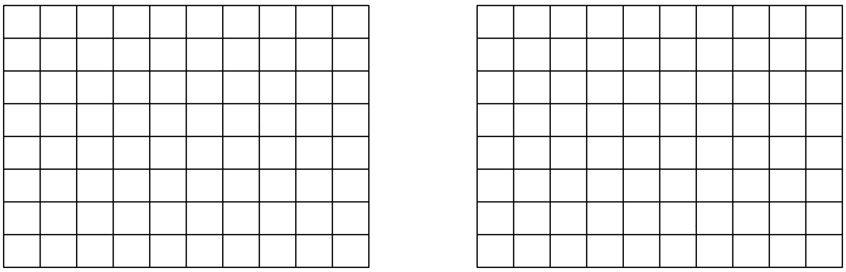


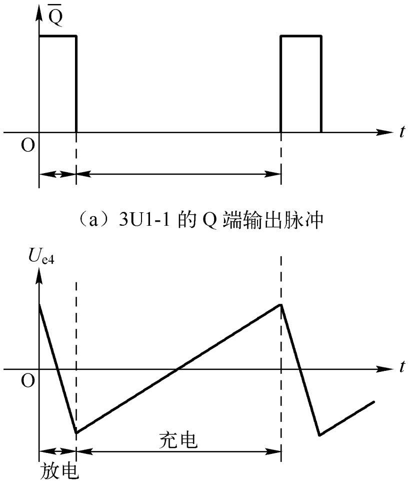
图 2-30　3W2 左、右旋时的锯齿波波形

时，这时扫描发生器就工作于自激振荡状态，电路相当于无触发信号输入，此时，与非门 3U2－1 的 2 脚为“高”电平。如果设 D 触发器 3U1－1 的$\overline{Q}$端（6 脚）为“低”电平，则三极管 3Q1 基极即为负偏置而截止，此时，恒流源电路 3Q2 向积分电容 3C8～3C10 充电，电容上的电压线性上升，经源极跟随器 3Q3 和射极跟随器 3Q4 的缓冲，信号分两路输出。一路经 3R23 和 3C12 送到水平放大电路 3Q7 的基极；另一路（反馈信号）经 3Q4 射极输出，该信号经过电位器 3W2 分压后获得上升的线性信号，经二极管 3D5 加到射极跟随器 3Q5 的基极，再送至施密特电压比较器 3U2－2、3U2－3 进行比较。

二极管 3D5、电阻 3R18、电容 3C13、3C14 组成射极跟随器的输入延迟网络。

3. 扫描信号发生器部分元器件的作用

① D 触发器 3U1－1 的$\overline{Q}$端输出的正脉冲与扫描锯齿波的下降边对应，如图 2-31 所示。此信号送至高压与显示板，作为回扫消隐控制信号。



（a）3U1-1 的 Q 端输出脉冲

（b）3Q4 发射极的输出波形

图 2-31　3U1－1 的$\overline{Q}$端输出脉冲和 3Q4 发射极输出波形

② 跨接在 3Q1 基极和集电极间的二极管 3D4，主要用来防止在积分电容放电时刻 3Q1 进入深度饱和，当 3Q1 导通时 3D4 对 3Q1 基极电流有分流作用。

③ 接于 3Q4 发射极上的可调电阻 3W2 主要用来调节加到 3Q5 基极的锯齿波电压信号大

小，从而设置适当的锯齿波正逆程比例。

④ 接在3Q3的漏极与3Q4集电极之间的电阻3R14（100Ω）和电容3C11（0.01μF）可以起到抑制进入+9V电源的高频分量的作用。

⑤ 输出电路主要由3Q3和3Q4及偏置电阻组成，其主要作用是提高输出能力，隔离积分电路，避免输出的负载对积分电路造成影响。

（三）水平放大电路的检测与调试

水平放大电路由扫描信号选择电路和放大电路组成，其主要作用是放大由扫描发生器所产生的锯齿波电压或“外”水平信号。3D6～3D9构成水平扫描信号与X信号选择电路，3Q8～3Q12构成水平放大电路，如图2-22所示。

1. 识读水平放大电路

图2-23所示为水平系统电路板，在对该电路板进行检测与调试时，通过识读电路图即可知道电路中各元器件的功能和需要进行调试的元器件。再将电路图与电路板对照，找到需要进行的检测点位置和调试的元器件即可进行测量与调整。

2. 检测扫描信号选择电路

① 扫描开关6K2置于1～20挡（非X－Y挡）中的任一挡时检测相关电位，填入表2-17。

表2-17 非X－Y挡扫描信号电路的电位检测

三极管 检测点	3D3(V)	3D6(V)	3D7(V)	3D8(V)	3D9(V)	3Q7(V)
正极						
负极						
工作状态						

② 扫描开关6K2置于21挡（X－Y挡）时检测相关电位，填入表2-18。

表2-18 X－Y挡扫描信号电路的电位检测

三极管 检测点	3D3(V)	3D6(V)	3D7(V)	3D8(V)	3D9(V)	3Q7(V)
正极						
负极						
工作状态						

③ 扫描信号选择电路原理。当扫描开关6K2置于1～20挡时，与3D3负极、3D9负极和3R26的下端连接集合端点⊗悬空，使3Q7基极获高电平而导通，集电极低电平，使二极管3D7截止，这时从上面过来的X信号通过3D6后相当于短路到地。而此时3D8导通，3Q4射极的水平扫描信号通过3D8加到水平放大电路3Q8的发射极，并送到后级进行放大。当6K2置于21挡时，⊗集合点接地，这时，+5V电源通过3R5使3D3导通，使3D3的正极箝于“0V”，从而强使$\overline{S}_D$端为低电平，D触发器3U1－1被处于置“1”状态，其$\overline{Q}$端为“低”的状态，即使有触发信号过来，3U1－1始终处于置“1”状态，这时就不能产生扫描锯齿波信号。由于⊗集合点接地，使3D9导通，并且3D9的正极电位被箝于“零位”，造成

二极管 3D8 截止，又由于 3D8 截止，就阻止了前级 3Q4 射极输出的扫描信号送往后级放大，但是从 Y 通道过来的 X 信号就可以通过 3D6 和 3D7 加到 3Q8 的射极，再输往后级进行放大。

3. 检测水平放大器

① 检测 3Q8、3Q9、3Q10、3Q11、3Q12 的各极电位，填入表 2–19。

表 2–19　水平放大器电位

三极管 / 检测点	3Q8	3Q9	3Q10	3Q11	3Q12
C					
B					
E					

② X – Y 挡时，检测 X 放大电路的相关波形（绘于图 2–32 中）。

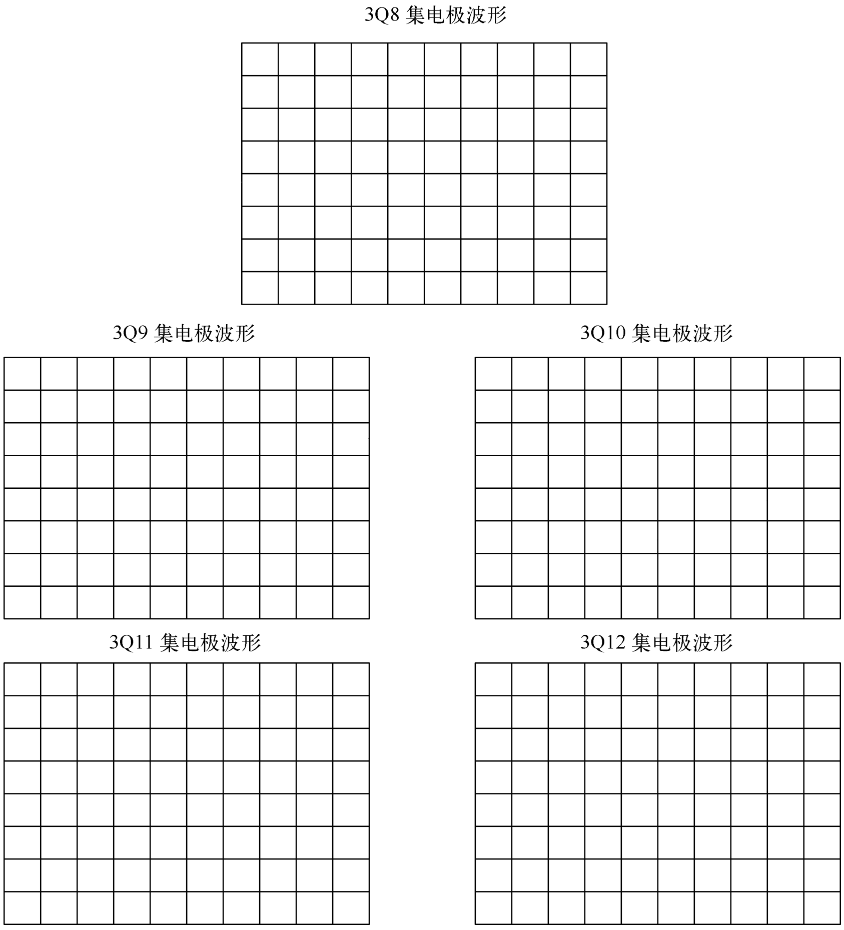


图 2–32　X – Y 挡时 X 放大电路的相关波形

③ 观察 X 放大器的增益变化。调节 3W3，观察 3Q9C 极和 3Q10C 极输出幅度变化（绘于图 2–33 中）。

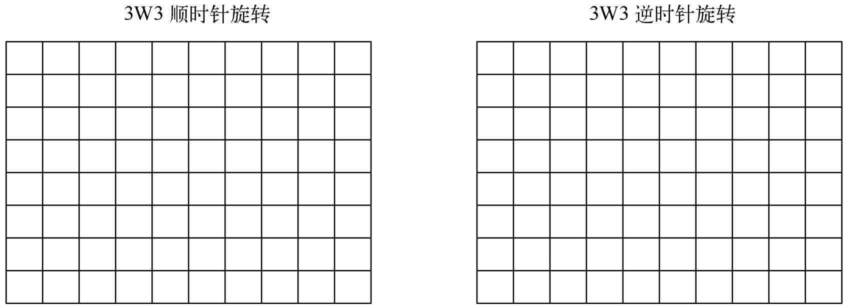


图 2-33　X 放大器的增益变化

④ 观察 X 位移的作用。调节 5W3，检测 X 放大器输出电路的电位，填入表 2-20，观察相应的波形变化情况（绘于图 2-34 中）。

表 2-20　X 放大器输出电路电位

三极管	5W3 正常			5W3 顺时针旋转			5W3 逆时针旋转		
$3Q_{11}$									
$3Q_{12}$									

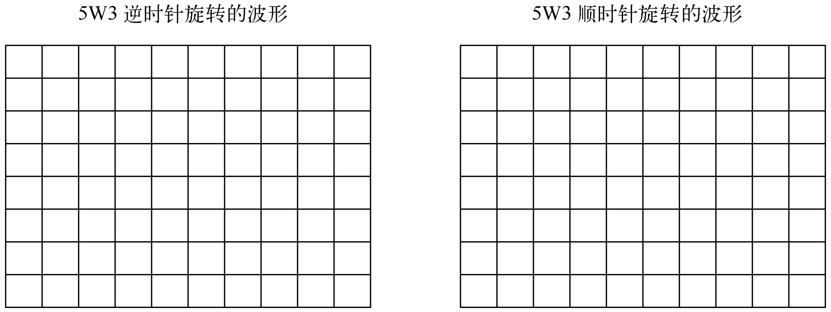


图 2-34　调节 5W3 相关波形变化

⑤ 水平放大器原理。水平放大器电路由三级组成。水平放大器电路的第一级由 3Q8 共基极放大器构成，它的射极电位可由面板上的位移旋钮 5W3（10kΩ）电位器进行调节，通过调节 5W3 阻值大小，从而改变其集电极输出直流电位，实现扫描起点的左右移动。

水平放大器电路的第二级由 3Q9、3Q10 组成。3Q9、3Q10 构成了单端输入双端输出差动放大器，调节两管射极间的可调电阻 3W3，可调节其放大倍数。

水平放大器电路的第三级由 3Q11、3Q12 组成的双端输入双端输出差动放大器，其集电极供电电压为 +200V，三极管射极间的负反馈电容 3C18 的作用来改善扫描信号的调频特性，三极管集电极输出互补对称锯齿波扫描电压到水平偏转板，使光点在屏幕水平方向偏转。

四、练习与思考

1. 如何选用示波器的触发源、触发极性、触发方式？
2. 对示波器的触发电平的调节有何意义？

3. 对示波器的扫描时间因数调节有何意义？

4. 结合本工作任务实施的体会，谈谈如何合理选择仪器和使用正确的调试方法来提高测试数据的准确性并使水平系统达到最佳状态。

任务2–4　整机系统的检测与调试

通过前3个任务的学习，我们已经掌握了示波器各模块的检测与调试的一般方法。在本任务中将完成示波器整机系统的检测与调试。通过本任务，需掌握以下内容：

- 理解整机系统的工作原理；
- 掌握用常用仪器检测和调试整机系统的方法；
- 了解电子产品检测与调试的操作程序及规范；
- 熟悉与职业相关的安全法规、道德规范和法律知识。

【重点知识与关键能力要求】

重点知识要求：

- 电子产品检测与调试的基本操作规范；
- 整机系统的工作原理。

关键能力要求：

- 整机系统的检测与调试。

一、工作任务描述

有客户提供了一个示波器的实物，要求对其整机系统进行检测与调试。

【任务要求】

- 根据客户要求提出项目操作方案；
- 把示波器的整机系统分解成若干电路模块，对各模块进行检测与调试并分析其工作原理；
- 用常用仪器检测与调试整机系统；
- 根据检测结果编写调试报告。

【任务环境】

- 以2人为一组组成工作团队，根据工作任务进行合理分工；
- 每组配示波器一台。

二、工作任务实施

子任务1：把整机系统分解为若干电路模块，小组内进行工作分工。

请思考：类似示波器的整机系统的产品一般可分为几个电路模块，分别有什么功能？是否一块线路板就是一个电路模块？

子任务 2：各人分析各自的电路模块，小组内讨论完成检测点与调试元器件的确定。

难点：（1） 电路模块的工作原理。

（2） 检测点与调试元件的确定。

子任务 3：各组使用常用仪器检测与调试整机系统。

请提出：各组自行检测与调试，有哪些操作需要老师给予帮助？

子任务 4：根据检测与调试数据，完成调试报告。

三、实施步骤及要点

电子工程师在研制电子产品时，即使准确无误地按理论设计的电路图布线、装配电子元器件，未经调试便能达到原设计性能的例子是很少的。在实际调试工作中，如何使电子电路达到设计水平，有时要花费研制者很多精力和费用。

电子产品的调试，就是对电子产品排除故障，使之达到规定的技术指标的过程。根据电子产品研制的难易程度，电子产品的调试可分为复杂调试和简单调试。复杂调试包括单板调试、分调、联调三种。简单调试就是一般的调试。不管复杂调试还是简单调试，调试过程都分为 5 个阶段：调试前的准备、通电前的检查、未插电路板的通电检查、插电路板后的通电的检查、调试。下面介绍一般的电子产品的调试技术。

（一）调试前的准备

1. 素质准备

对调试人员的知识能力素质准备的基本要求有：

① 明确电路调试的目的和要求达到的技术性能指标。

② 能够掌握正确的使用方法和测试方法，熟练使用测量仪器和测试设备。

③ 掌握一定的调整和测试电子电路的调试方法。

④ 能够运用电子电路的基础理论知识分析处理测试数据和排除调试中的故障。

⑤ 能够在调试完毕后写出调试总结并提出改进意见。

2. 手段准备

（1） 准备技术文件

主要是指做好技术文件、工艺文件和质量管理文件的准备，如电路（原理）图、方框图、装配图、印制电路板图、印制电路板装配图、零件图、调试工艺（参数表和程序）和质检程序与标准等文件的准备。要求掌握上述各技术文件的内容，了解电路的基本工作原理、主要技术性能指标、各参数的调试方法和步骤等。

（2） 准备测试设备

要准备好测量仪器和测试设备，检查是否处于良好的工作状态，是否有定期标定的合格证，检查测量仪器和测试设备的功能选择开关、量程挡级是否处于正确的位置，尤其要注意测量仪器和测试设备的精度是否符合技术文件规定的要求，能否满足测试精度的需要。

（3） 准备被调试电路

调试前要检查被调试电路是否按电路设计要求正确安装连接，有无虚焊、脱焊、漏焊等现象，检查元器件的好坏及其性能指标，检查被调试设备的功能选择开关、量程挡级和其他

面板元器件是否安装在正确的位置。经检查无误后方可按调试操作程序进行通电调试。对被调试电路的准备具体分为以下几点。

① 连线是否正确。检查电路连线是否正确，包括错线、少线和多线。查线的方法通常有两种：一种是按照电路图检查安装的线路，这种方法的特点是根据电路图连线，按一定顺序逐一检查安装好的线路。由此，可比较容易查出错线和少线；另一种是按照实际线路来对照原理电路进行查线，这是一种以元件为中心进行查线的方法。把每个元件（包括器件）引脚的连线一次查清，检查每个引脚的去处在电路图上是否存在，这种方法不但可以查出错线和少线，还容易查出多线，为了防止出错，对于已查过的线通常应在电路图上做出标记，最好用指针式万用表“Ω×1”挡，或数字式万用表“Ω挡”的蜂鸣器来测量，而且直接测量元器件引脚，这样可以同时发现接触不良的地方。

② 元器件安装情况。检查元器件引脚之间有无短路，连接处有无接触不良，二极管、三极管、集成电路和电解电容极性等是否连接有误。

③ 电源供电（包括极性）、信号源连线是否正确。检查直流极性是否正确，信号线是否连接正确。

④ 电源端对地（⊥）是否存在短路。在通电前，断开一根电源线，用万用表检查电源端对地（⊥）是否存在短路。检查直流稳压电源对地是否短路。

若电路经过上述检查，并确认无误后，就可转入调试。

（二）调试方法

调试包括测试和调整两个方面。所谓电子电路的调试，是以达到电路设计指标为目的而进行的一系列的“测量—判断—调整—再测量”的反复进行的过程。

为了使调试顺利进行，设计的电路图上应当标明各点的电位值，相应的波形图以及其他主要数据。调试方法通常采用先分调后联调（总调）。我们知道，任何复杂电路都是由一些基本单元电路组成的，因此，调试时可以循着信号的流程，逐级调整各单元电路，使其参数基本符合设计指标。这种调试方法的核心是，把组成电路的各功能块（或基本单元电路）先调试好，并在此基础上逐步扩大调试范围，最后完成整机调试。采用先分调后联调的优点是能及时发现问题和解决问题，新设计的电路一般采用此方法。对于包括模拟电路、数字电路和微机系统的电子装置，更应采用这种方法进行调试。因为只有把三部分分开调试后，分别达到设计指标，并经过信号及电平转换电路后才能实现整机联调。否则，由于各电路要求的输入、输出电压和波形不符合要求，盲目进行联调，就可能造成大量的器件损坏。除了上述方法外，对于已定型的产品和需要相互配合才能运行的产品也可采用一次性调试。按照上述调试电路的原则，具体调试步骤如下。

1. 通电观察

把经过准确测量的电源接入电路，观察有无异常现象，包括有无冒烟，是否有异常气味，手摸元器件是否发烫，电源是否有短路现象等。如果出现异常，应立即切断电源，待排除故障后才能再通电。然后测量各路总电源电压和各器件的引脚的电源电压，以保证元器件正常工作。

通过通电观察，认为电路初步工作正常，就可转入正常调试。这里需要指出的是，一般实验室中使用的稳压电源是一台仪器，它不仅有一个“+”端，一个“-”端，还有一个

“地”接在机壳上，当电源与实验板连接时，为了能形成一个完整的屏蔽系统，实验板的“地”一般要与电源的“地”连起来，而实验板上用的电源可能是正电压，也可能是负电压，还可能正、负电压都有，所以电源是“+”端接“地”还是“-”端接“地”，使用时应先考虑清楚。如果要求电路浮地，则电源的“+”与“-”端都不与机壳相连。

另外应注意，一般电源在开与关的瞬间往往会出现瞬态电压上冲的现象，集成电路最怕过电压的冲击，所以一定要养成先开启电源，后接电路的习惯，在实验中途也不要随意将电源关掉。

2. 静态调试

交流、直流并存是电子电路工作的一个重要特点。一般情况下，直流为交流服务，直流是电路工作的基础。因此，电子电路的调试有静态调试和动态调试之分。静态调试一般是指在没有外加信号的条件下所进行的直流测试和调整过程。例如，通过静态测试模拟电路的静态工作点、数字电路的各输入端和输出端的高、低电平值及逻辑关系等，可以及时发现已经损坏的元器件，判断电路工作情况，并及时调整电路参数，使电路工作状态符合设计要求。

对于运算放大器，静态检查除测量正、负电源是否接上外，主要检查在输入为零时，输出端是否接近零电位，调零电路起不起作用。当运放输出直流电位始终接近正电源电压值或负电源电压值时，说明运放处于阻塞状态，其原因可能是外电路没有接好，也可能是运放已经损坏。如果通过调零电位器不能使输出为零，除了运放内部对称性差外，也可能运放处于振荡状态，所以实验板直流工作状态的调试，最好接上示波器进行监视。

3. 动态调试

动态调试是在静态调试的基础上进行的。调试的方法是在电路的输入端接入适当频率和幅值的信号，并循着信号的流向逐级检测各有关点的波形、参数和性能指标。调试的关键是善于对实测的数据、波形和现象进行分析和判断。这需要具备一定的理论知识和调试经验。

发现电路中存在的问题和异常现象，应采取不同的方法缩小故障范围，最后设法排除故障。因为电子电路的各项指标互相影响，在调试某一项指标时往往会影响另一项指标。实际情况错综复杂，出现的问题多种多样，处理的方法也是灵活多变的。

动态调试时，必须全面考虑各项指标的相互影响，要用示波器监视输出波形，确保在不失真的情况下进行调试。作为“放大”用的电路，要求其输出电压必须如实地反映输入电压的变化，即输出波形不能失真。常见的失真现象有：一是晶体管本身的非线性特性引起的固有失真，仅用改变电路元器件参数的方式很难克服；二是由电路元器件参数选择不当使工作点不合适，或由于信号过大引起的失真，如饱和失真、截止失真、饱和兼有截止的失真。

测试过程中不能凭感觉和印象，要始终借助仪器观察。使用示波器时，最好把示波器的信号输入方式置于“DC”挡，通过直流耦合方式，可同时观察被测信号的交、直流成分。通过调试，最后检查功能块和整机的各项指标（如信号的幅值、波形形状、相位关系、增益、输入阻抗和输出阻抗等）是否满足设计要求，如必要，再进一步对电路参数提出合理的修正。

（三）调试注意事项

调试结果是否正确，很大程度上受测量正确与否和测量精度的影响。为了保证调试的效

果，必须减小测量误差，提高测量精度。为此，需注意以下几点。

1. 正确使用测量仪器的接地端

凡是使用地端接机壳的电子仪器进行测量，仪器的接地端应和放大器的接地端连接在一起，否则仪器机壳引入的干扰不仅会使放大器的工作状态发生变化，而且将使测量结果出现误差。根据这一原则，调试发射极偏置电路时，若需测量 U_{CE}，不应把仪器的两端直接接在集电极和发射极上，而应分别地测出 U_C、U_E，然后将二者相减得 U_{CE}。若使用干电池供电的万用表进行测量，由于电表的两个输入端是浮动的，所以允许直接接到测量点之间。

2. 在信号比较弱的输入端，尽可能用屏蔽线连接

屏蔽线的外屏蔽层要接到公共地线上。在频率比较高时要设法隔离连接线分布电容的影响，例如用示波器测量时应该使用有探头的测量线，以减少分布电容的影响。

3. 测量电压所用仪器的输入阻抗必须远大于被测处的等效阻抗

因为，若测量仪器输入阻抗小，则在测量时会引起分流，给测量结果带来很大的误差。

4. 测量仪器的带宽必须大于被测电路的带宽

例如，MF－20 型万用表的工作频率为 20～20000Hz。如果放大器的 $f_H = 100kHz$，就不能用 MF－20 来测试放大器的幅频特性。否则，测试结果就不能反映放大器的真实情况。

5. 要正确选择测量点

用同一台测量仪进行测量时，测量点不同，仪器内阻引进的误差大小将不同。

6. 测量方法要方便可行

需要测量某电路的电流时，一般尽可能测电压而不测电流，因为测电压不必改动被测电路，测量方便。若需知道某一支路的电流值，可以通过测取该支路上电阻两端的电压，经过换算而得到。

7. 调试过程中，不但要认真观察和测量，还要善于记录

记录的内容包括实验条件、观察的现象、测量的数据、波形和相位关系等。只有有了大量可靠的实验记录，并与理论结果加以比较，才能发现电路设计上的问题，完善设计方案。

8. 调试时出现故障，要认真查找故障原因

切不可一遇故障解决不了就拆掉线路重新安装。因为重新安装的线路仍可能存在各种问题，如果是原理上的问题，即使重新安装也解决不了问题。应当把查找故障并分析故障原因看成一次好的学习机会，通过它来不断提高自己分析问题和解决问题的能力。

（四）整机的检测与调试

1. 垂直放大电路板

调节 1W1：将挡级调节到 GND 上，屏幕出现一条水平扫描线，调节 1W1 和 *Y* 轴衰减开关 2V、1V、0.5V 三个挡级，调节 1W1 直到 3 个挡级转换，扫描线仍保持同一位置。

调节 1W2：将挡级调节到 AC 挡，*Y* 轴衰减开关调节到 0.5V/div，输入 1*V*pp，1kHz 方波信号，调节 1W2，将波形幅度调节至上下 2 格。

2. 同步触发电路板

从 X 输入端接入一个外触发信号 1kHz，1*V*pp 正弦波信号，将 *X* 轴衰减开关调节到 X－Y 挡，调节 2W1、2W2，使其扫描线在中心位置，幅度满格。

从 Y 输入端接入一个 1kHz，1Vpp 方波信号，调节面板上的 4 个组合开关，看是否能正常工作。

3. 水平系统板

调节 3W2：接入信号 1V，1kHz 时，挡级调到 0.5V/div、0.2ms/div，调节 3W2 使频率扫描线长度调节到最大正常范围并且不出现停振荡。

调节 3W3：接入信号 1V，1kHz 时，挡级调到 0.5V/div、0.5ms/div，调节 3W3 使频率周期为 2 格，然后将 *X* 轴开关挡级调节至 0.2ms/div，调节 3C9，将频率调节至 1kHz。

4. 高压及显示电路板

调节 8R1：接入 1V，1kHz 信号时，当调节水平系统板时，周期不能满 2 格时，借助调节 8R1 使频率达到 2 格。

调节 8R28：当扫描线散焦时，调节前面板聚焦和 8R28，使扫描线清晰成像。

（五）示波器技术指标的检测

1. *Y* 轴输入灵敏度检测

① 示波器调试接线图如图 2-35 所示。

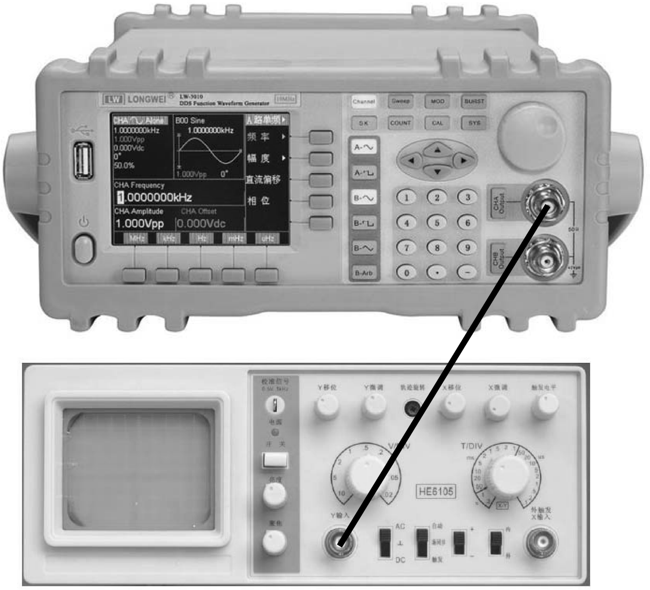


图 2-35　示波器调试接线图

② 接通被测信号发生器电源，调节信号发生器各开关旋钮，使信号发生器输出一低频（例如，1000Hz）正弦信号。

③ 接通被测示波器电源，根据检查参数要求，扫描速率选择开关置 0.2ms/div，调节被检示波器的灵敏度选择开关 V/div（如 0.1V/div）。

④ 调节信号发生器的输出幅度旋钮，使被测示波器荧光屏上出现一正弦波信号，并使示波器荧光屏上的波形幅度等于 5div。

⑤ 读出信号发生器输出幅度指示器上的幅度大小，记入表格 2-21。

⑥ 计算相对误差，具体计算公式如下：

$$\text{相对误差} = \frac{\text{信号发生器输出幅度} - \text{被测示波器的波形幅度}}{\text{信号发生器输出幅度}} \times 100\%$$

表 2-21　*Y* 轴输入灵敏度

V/div 挡级选定	0.05V	0.1V	0.5V	1V	2V
输入电压幅度					
相对误差					

要求：Y 方向显示幅度为 5div。

2. *X* 轴扫描速度 t/div 检测

① 接线图如图 2-35 所示。

② 根据检查参数要求，调节被测示波器的 *X* 轴扫描速度“t/div”挡级开关的输入旋钮，例如，*X* 轴扫描速度选“0.2ms/div”。把信号发生器的信号送到被测示波器的输入端。

③ 接通被测示波器和信号发生器的电源。

④ 调节信号发生器的幅度和频率微调钮，使被测示波器屏幕上显示清晰可见的两个周期的波形。

⑤ 读出信号发生器输出信号的频率数值，并换算成周期，记入表 2-22 中，计算相对误差，相对误差计算公式如下：

$$\text{相对误差} = \frac{\text{信号发生器的读数} - \text{被测示波器的波形周期}}{\text{信号发生器的读数}} \times 100\%$$

表 2-22　*X* 轴扫描速度

t/div 挡级选定	10μs	50μs	0.2ms	1ms	5ms
输入电压周期					
相对误差					

要求：一个周期 X 方向显示为 5div。

3. 频率响应检测

频率响应是指放大器对相同输入幅度但不同频率信号的放大能力。频率响应检测方法和步骤如下。

① 接线图如图 2-35 所示。

② 调节示波器的 V/div 开关挡级，旋转至规定的挡级（如 0.2V/div）。

③ 调节信号发生器的输出频率分别为 10Hz、100Hz、10kHz、1MHz，并送至被测示波器输入端。

④ 调节被测示波器的 t/div 开关旋钮，使波形清晰可见即可。

⑤ 调节信号发生器的输出信号幅度，使示波器显示输入不同频率信号（分别为 10Hz、100Hz、10kHz、1MHz）时达到规定的显示幅度（4div）。

⑥ 读出被测示波器在不同的输入信号频率，同样的显示幅度时所需信号发生器输出的幅度，并算出最大值与最小值之间的差值，记入表 2-23 中。电压差值的计算公式如下：

$$\text{电压差值} = \text{最大值} - \text{最小值}$$

表 2-23　*X*，*Y* 轴频率响应

输入信号频率 t/div 放置在	10Hz	100Hz	10kHz	100kHz	1MHz	最大与最小值之差
0. 1V/div						
0. 2V/div						
0. 5V/div						

要求：Y 方向显示幅度显示为 4div。

（六）整机面板旋钮的操作

HE6105 型示波器整机电路结构可分为三个主要基本部分，即垂直放大系统（*Y* 轴信道）、水平扫描系统（*X* 轴信道）和主机电路系统。HE6105 型示波器整机各系统的电路组成框图如图 2-36 所示。HE6105 型示波器面板结构图如图 2-37 所示。

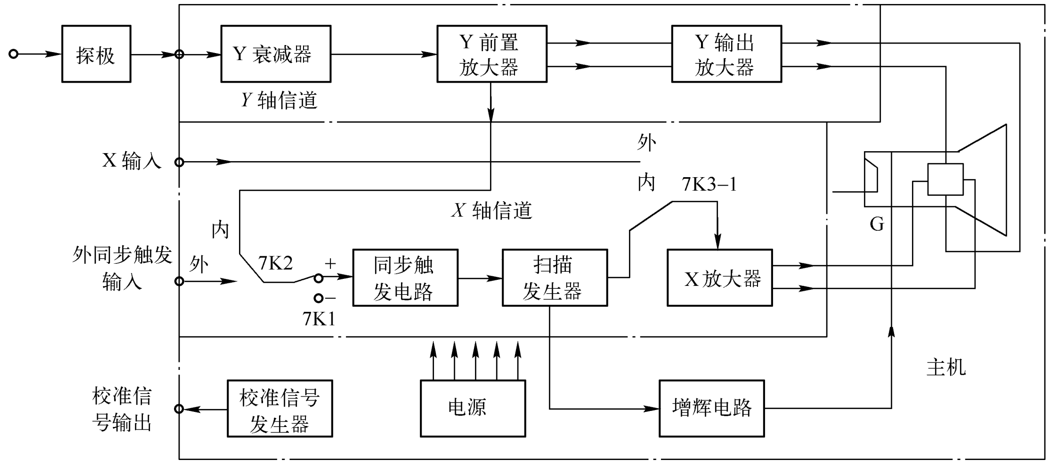


图 2-36　HE6105 型示波器整机各系统的电路组成框图

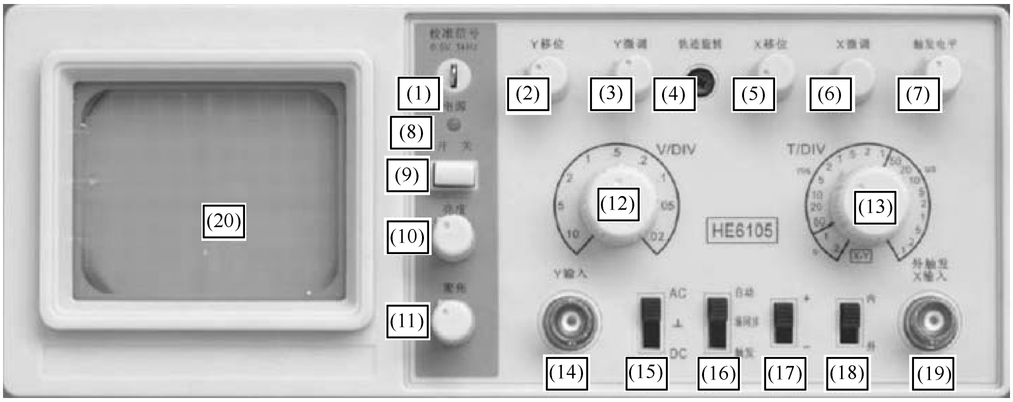


图 2-37　HE6105 型示波器面板结构图

HE6105 示波器面板结构说明如下。

（1）校准信号

输出约 1kHz/ -0. 5V 的方波校准电压，能够用于垂直灵敏度的校正及探头的调整。

（2）Y 移位

调整 Y 轴辉线的垂直位置。

（3）Y 微调

使 Y 轴的垂直灵敏度连续地发生变化，被显示的灵敏度降低到 1/2.5 以下。

（4）轨迹旋转

在受强磁场及地磁的影响下扫描线的刻度线将发生倾斜，这时可以调节该轨迹旋转微调，使水平对准。

（5）X 移位

调整 X 轴辉线的水平位置。

（6）X 微调

使扫描时间因数在 1 ~ 1/2.5 间连续变化。

（7）触发电平

扫描时的触发电平。

（8）电源指示灯

当电源开关打开时该指示灯点亮表明仪器已接通电源。

（9）电源开关

按入接通电源，开关上面的灯点亮。

（10）亮度

屏幕扫描线的亮度调整，扫描线的亮度过亮会烧坏荧光屏。特别从高速扫描转换到低速扫描时，以及光点在同一位置上长期停留时，要注意把亮度降低。

（11）聚焦

CRT 辉线的聚焦调整。

（12）灵敏度

旋转旋钮用来改变垂直偏转因素。

（13）扫描速度

设定扫描挡；在 X – Y 位置时，本仪器作为 X – Y 示波器进行工作。

（14）Y 输入

连接垂直输入信号的端子，作为 X – Y 示波器使用时，成为 Y 轴信号的输入端子。

（15）输入耦合

选择输入信号和垂直放大器的耦合方式，耦合方式有以下 3 种：

- AC——用电容阻止输入信号的直流成分，只有交流成分通过。
- GND——放大器的输入回路被接地。
- DC——输入信号直接进入放大器。

（16）触发方式

用于设置触发信号源的工作方式，它有以下两种方式：

- 自动和场同步——在触发状态下稳定显示波形，在非触发状态下，扫描方式为自激扫描方式。
- 触发——只在触发状态下波形显示在屏幕上，非触发状态下不显示波形。

(17) 触发极性

触发信号触发时上升沿触发（+）和下降沿触发（-）的选择。

(18) 触发源选择

用于选择触发信号源的来源，触发信号源有以下两种：

- 内——选择从垂直放大器来的触发信号。
- 外——把接在“外触发及X输入”端子上的信号作为触发信号。

(19) 外触发/X 输入

外触发信号源的输入端以及当把本仪器作为X-Y示波器进行工作时，X信号的输入端。

(20) 荧光屏

荧光屏用于显示波形等信息。

四、练习与思考

1. 简述电子产品整机调试的程序与方法?
2. 结合本工作任务实施的体会，谈谈如何合理地选择仪器和使用正确的调试方法来提高测试数据的准确性并使整机系统达到最佳状态。

项目三

HE6105 型示波器故障分析与维修

电子整机维修能力是电子类专业高职学生必不可少的实践能力之一。本项目以 HE6105 型示波器为载体，着重介绍常见故障现象及故障分析、排除方法，培养学生独立分析、思考、解决电子产品故障的能力。

任务 3–1　电源电路故障分析与维修

通过项目二的学习，我们已经掌握了 HE6105 型示波器调试的方法。本任务以示波器电源部分维修为主。通过本任务，需要掌握以下内容：

- 掌握电源部分的故障及维修方法；
- 能利用仪器设备检测核心器件的参数，并能判断其质量（好坏）；
- 能分析、诊断、排除 HE6105 型示波器电源部分的常见故障；
- 能“读懂”故障现象；能表述电源部分的故障分析方法；
- 培养具备独立分析故障、解决故障的能力。

【重点知识与关键能力要求】

重点知识要求：

- 串联型稳压电源工作原理的理解与掌握；
- 电源电路的常见故障及原因，故障特点、现象。

关键能力要求：

- 实际电路板与原理图的对照识读；
- 常用检测仪器的实用方法；
- 电源电路的故障维修。

一、工作任务描述

【任务要求】

本项任务主要以 HE6105 型示波器电源部分为例，掌握故障分析方法、步骤，使得学生能独立分析故障、排除故障。

【任务环境】

- 以 2 人为一组组成工作团队，根据工作任务进行合理分工；

- 每组配 HE6105 型示波器一台；
- 相关检测设备（万用表、信号发生器、数字示波器）；工具与材料（电烙铁、焊锡丝、镊子、螺丝刀、吸锡器、备用元器件）。

二、工作任务实施

子任务 1：电源电路核心器件的检测。

请思考：电源部分有哪些核心器件？需要哪些仪器、工具进行检测？分析核心器件损坏会引起何种故障？

子任务 2：电源电路常见故障现象分析及维修。

请思考：观察故障现象，故障原因是什么？

三、实施步骤及要点

（一）核心器件的检测

电源电路结构相对简单，器件较少，主要由变压器、三端稳压器、整流二极管、电阻、电容等所组成。其电路工作原理在前面项目中已经介绍，在此不再赘述。这里着重分析核心器件，如变压器、三端稳压器、整流二极管的检测及好坏判断。

1. 变压器的检测

利用万用表（电压挡）带电检测时，检测初、次级电压，应为标称电压。若不带电检测变压器初级电阻，一般为 50～300Ω 左右，每个绕组间的电阻应是无穷大的；检测次级电阻时，一般很小（2～30Ω 左右），绕组间的电阻应为无穷大。

2. 三端稳压器的检测

（1） 电阻测量法

如：78××系列集成稳压器的电阻值用万用表 R×1k 挡通过正测或负测测得。正测是指黑表笔接稳压器的接地端，红表笔依次接触另外两个引脚。负测是指红表笔接地端，黑表笔依次接触另外两个引脚。电阻值用万用表的 R×1k 挡测得。通过测量集成稳压器各引脚之间的电阻值，也只能估测出集成稳压器是否损坏。若测得某两脚之间的正、反向电阻值均很小或接近 0Ω 则可判断该集成稳压器内部已击穿损坏。若测得两脚之间的正、反向电阻值均为无穷大，则说明该集成稳压器已开路损坏。若测得集成稳压器的阻值不稳定，随温度的变化而改变，则说明该集成稳压器的热稳定性能不良。

（2） 电压测量法

即使测量集成稳压器的电阻值正常，也不能确定该稳压器就是完好的，还应进一步测量其稳压值是否正常。测量时，可在被测集成稳压器的电压输入端与接地端之间加上一个直流电压（正极接输入端）。此电压应比被测稳压器的标称输出电压高 3V 以上（例如，被测集成稳压器是 7806，加的直流电压就为 +9V），但不能超过其最大输入电压。若测得集成稳压器输出端与接地端之间的电压值输出稳定，且在集成稳压器标称稳压值的 ±5% 范围内，则说明该集成稳压器性能良好。

3. 整流二极管的检测

利用万用表带电检测整流二极管两端电压时，测得值应为 0.7V 左右，也可以利用万用表“二极管”挡检测二极管的好坏。

提示：

- 利用万用表检测时，一定要选择正确的挡级。
- 检测器件时，可以多次测量，保证检测结果的准确性。
- 检测时，要注意安全事项。

（二）故障现象分析、维修

1. 低压电源

低压电源向示波器各个单元电路供电，直接影响各电路的正常工作。在维修中，无论碰到何种故障现象，一般应首先检查各挡低压电源。某些故障现象，如光点在 X、Y 方向跳动，高压值不符合要求等，都可能是低压电源故障引起的。

HE6105 型示波器电源电路板为示波器各单元电路提供 6 种不同电源电压：交流 6.3V，直流 +150V 和 +200V，直流稳定电压 +9V、−9V、+5V。电源是示波器的核心部分，也是能否正常工作的首要因素。所以一旦示波器出现故障，首先排查电源是否正常工作。

（1）电源排查的基本方法与步骤

虽然此电源电路共提供 6 种电压输出，但电路故障分析及排除方法却大同小异。下面以 +9V 电路故障为例进行分析。

假设 +9V 输出端有故障（如无输出电压、输出电压偏小、输出过大等），示波器故障现象为“三无”（无电源指示、无光、无扫描），此时一般按照以下步骤进行分析和维修。

第一步，检查变压器初级是否有电压（输入 220V），检查保险丝 7F1 是否断开？若断开，需更换。

第二步，检查变压器次级 11V 输出是否正常。

第三步，检查整流电路（4D10、4D11）输入端电压是否达到 11V，如若没有，则变压器次级与整流电路间断路。

第四步，检查整流电路（4D10、4D11）输出端电压是否达到 +13.2V，如若没有，则检查 4D10、4D11 两个整流二极管、滤波电容 4C5 是否损坏。

第五步，检查三端稳压器 4U1 输入电压是否为 +13.2V，如若没有，则说明输入端前电路断开。

第六步，检查三端稳压器 4U1 输出电压是否为 +9V，如若没有，则检查三端稳压器、滤波电容（4C6、4C7）是否损坏，利用万用表逐个检查，并进行更换。

以上 6 步作为此电路的故障分析方法，主要采用了从前到后逐级检查的方法，也可以采用从后到前的逐级检查方法，效果其实是一样的。

此方法也可应用到电源部分的其他电路，此方法效率最高，而且不易出错。

提示：

- 带电检查时，一定要注意万用表的使用方法，切不可使电路短路，造成次生故障。
- 如若要更换器件，建议将元器件脱离电路板进行单独检查后，再确认是否要更换。
- 检测时，要注意安全事项。

（2）常见故障与分析

故障分析与排除练习后，完成表 3–1。

表 3–1　低压电源故障分析与排除（部分）

故障现象	输出电压偏低，不到规定值	输出电压跳动	电源纹波大
匹配连线			
故障分析	应首先判断主电源是否有跳动，若有则排除。造成输出电压跳动的常见原因有：调整电位器接触不良；稳压管稳压值不稳定。此时，可用灵敏度较高的示波器进行观察。电源的差分放大管特性严重变差也会出现输出电压跳动。电路有虚焊也是重要原因之一。	可先断开各路负载，判断它是否因负载过重引起的。更常见的是稳压电路本身的故障。如整流电路中有一只二极管开路，三端稳压电路损坏，也会出现输出电压偏低的现象	常见原因有，该挡电源失去调节作用（三端稳压器损坏）；滤波电容漏电或电压调节放大器晶体管 β 值过小。 低压电源有时会出现振荡，但其频率往往高于 100Hz，而达到几千赫兹。此时，可通过改变电路中移相网络的电阻、电容数值消除振荡
检修方案			

【故障现象 1】开机保险丝烧断。

【故障分析】开机总进线保险丝烧断，说明电源初级电路有问题。常见故障有：电源变压器初、次级局部短路，初级回路中有短路现象；也可能是各挡电源整流部分有击穿、短路现象。

【故障现象 2】开机后保险丝正常，变压器烧坏。

【故障分析】该故障是由于某一挡低压电源电路中有一只整流管被击穿而引起的。此时，各挡电源保险丝不能起保护作用，而初级电流的增加，又未能熔断初级电路的保险丝。在故障排除后，往往还要更换电源变压器。

【故障现象 3】无直流电压输出。

【故障分析】某一挡或几挡低压电源无直流电压输出，说明该挡电源电路有开路或对地短路现象。常见故障有：保险丝熔断或保险丝座接触不良；滤波电路的电阻或电感开路；整流二极管开路；电源电路或负载电路有对地短路点等。

2. 高压电源及显示电路

（1）高压电路维修要点

示波器高压值的准确与稳定，直接影响 X、Y 放大器的灵敏度。当 X、Y 放大器灵敏度同时变大或变小，应考虑是否由高压变动引起的。用万用表测量高压值时，因万用表内阻的影响，测量值小于实际值。如测量示波管栅极与阴极之间的偏压，接上万用表之前，栅极电压过低，示波管无光点；接上万用表后，栅阴极间负偏压降低，示波管可能出现光点。示波管栅极供电采用浮动高压，并与增辉脉冲叠加。这些都是检修高压电路时应注意的现象。

（2）常见故障与分析

故障分析与排除练习后，完成表 3–2。

表 3–2　高压电源故障分析与排除（部分）

故障现象	开机无光点，而高压正常	亮度不正常。亮度电位器旋到最亮位置，光点仍较暗，或亮度电位器旋到最暗位置，仍有光点	聚焦不良。调节“聚焦”电位器，“辅助聚焦”电位器，不能出现一个清晰的小圆点
匹配连线			
故障分析	若亮度暗，首先应检查加速阳极帽是否脱落。示波管长时间工作后，栅极调制灵敏度会发生变化，此时可调节机内与“辉度”电位器串联的亮度平衡电位器或电阻。若栅极、阴极瞬时短路时，亮度仍不够，则说明示波管老化。光点关不掉，可调节亮度平衡电位器及串联电阻	聚焦不良，多数是示波管第一、第二阳极供电不正常所致。常见原因有“聚焦”和“辅助聚焦”电位器损坏，高压滤波电容器开路等。要注意，X、Y 放大器有干扰信号或低压电源波纹大，也会出现相似现象	首先应排除 X、Y 放大器的故障，并在示波管座检查电压是否正常。出现此种现象，可用表棒瞬时短路示波管栅极、阴极，若仍不出现亮点，则说明示波管损坏；若出现亮点，则说明示波管栅极电位过低，使阴极电子束截止。此时，应检查阴极、栅极电路是否正常
检修方案			

【故障现象 1】示波管灯丝不亮。

【故障分析】其原因常为灯丝断或管座接触不良。检查中，要注意示波管灯丝上带有直流高压。电源变压器的示波管灯丝绕组采取了特殊的绝缘措施。

【故障现象 2】开机无光点，测量高压电源无高压。

【故障分析】示波器无高压，用示波器探极测量不到规定的振荡波形。该故障大致可分成三类：一是示波管显示电路中有短路现象，使负载加重，振荡器停振；二是高压整流电路中有短路、击穿或严重漏电，振荡器停振；三是振荡器（包括电压控制电路）的故障。

断开示波管显示电路，若高压正常，常见的原因如下：

① 示波管漏气。此时，示波管后部消气剂亮斑消失，发紫光。

② 辉度控制电路中有短路或绝缘不良。

③ 示波管灯丝供电绕组绝缘不良。此现象较难判定，可用开路法判断。

分路断开高压整流、滤波电路，若振荡器起振，则常见原因如下：

① 高压整流二极管击穿或严重漏电，滤波电容击穿或严重漏电。对此，可用替代法实验。

② 印制线路板严重漏电。

断开高压整流电路，振荡器仍不起振，则在振荡电路中存在故障。振荡电路可分成两部分：一是单管或双管振荡器；二是电压控制电路。

电压控制电路与振荡电路能否断开，要视不同电路而定。如果在电压控制电路断开后，仍能提供振荡管以正常偏置（如 SR8），则可将两部分断开，以判断故障部位。在某些电路中，电压控制电路断开后振荡管截止（如 SR37A），若必须断开电压控制电路，则需给振荡管基极提供一个正常的偏置电平。

电压控制电路是一负反馈电路，断开后会使振荡加强，高压值升高。

振荡器部分常见故障如下：

① 直流供电不正常或保险丝熔断。

② 振荡器击穿。

③ 振荡线包受潮或开路。

高压控制电路的常见故障是差分放大管或振荡管被击穿。

【故障现象 3】高压失控，调节亮度电位器，屏幕显示波形幅度随亮度变化。

【故障分析】一般规律是亮度变亮，高压值下降，波形幅度变大，常见以下三种情况。

① 当幅度变化较大，明显大于5%时，一般是高压控制电路有故障，其不能稳定高压输出值。

② 长时间开机后，突然高压失控，而关机一段时间后，又恢复正常。该故障的原因一般有两种可能：一是振荡管 I_{ceo}、β 变大，这在锗管振荡电路中，可能性较大；二是磁芯质量差，高温时磁导率下降。

③ 幅度变化不太大，故障比较难判断。常见原因有高压控制电路差分管 β 小；磁芯空气隙不正常；线包受潮，当整流电路的二极管、滤波电容有轻度漏电时，也会出现上述故障。

【故障现象 4】高压跳火，辉度闪烁。

【故障分析】高压跳火严重时，机内会出现“啪啪”的打火声。轻度的跳火，使辉度闪烁，有时还伴有灵敏度变化。其常见原因如下：

① 高压值过高，应重新调整。

② 导线、印制板等绝缘下降。

③ 高压控制电位器接触不良。

④ 高压电路中的电阻，除考虑额定功率值外，还应考虑耐压。当耐压不够时，电阻表面会出现难以观察的轻微跳火。常见于高压控制电路的取样电阻。

四、练习与思考

1. 如何快速判断元器件的好坏（如电容、二极管等）？
2. 电阻 1R1 开路或变值（变为几千欧），试分析该故障现象。
3. 试分析 4U2 稳压性能变差，示波器会出现什么故障？

五、拓展训练

学生可以 2 人一组开展本项目的学习，也可在老师的指导下，一名学生设置电源电路的故障（1 个故障），让同伴进行故障排除。

任务 3-2 Y 轴系统故障分析与维修

通过本任务的学习，需掌握以下内容：

- 能利用仪器工具检测放大器电路核心器件，并判断其好坏；
- 能通过观察故障现象并结合电路工作原理，分析故障；

- 能通过故障分析，并利用仪器工具排除故障；
- 能“读懂”*Y* 轴系统典型故障现象；
- 能表述 *Y* 轴系统的故障分析方法；
- 培养具备独立分析故障、解决故障的能力。

【重点知识与关键能力要求】

重点知识要求：

- *Y* 轴系统的工作原理；
- *Y* 轴系统的故障特点、现象及原因。

关键能力要求：

- *Y* 轴系统的故障维修；
- 常用检测仪器的使用方法。

一、工作任务描述

【任务要求】

本任务主要以 HE6105 型示波器放大器为例，通过分析常见故障现象，介绍故障分析方法、步骤，使学生具备独立分析故障、解决故障的能力。

【任务环境】

- 以 2 人为一组组成工作团队，根据工作任务进行合理分工；
- 每组配 HE6105 型示波器一台；
- 相关检测设备（万用表、信号发生器、数字示波器）；工具与材料（电烙铁、焊锡丝、镊子、螺丝刀、吸锡器、备用元器件）。

二、工作任务实施

子任务 1：*Y* 轴系统衰减器部分故障维修。

请思考：*Y* 轴系统由哪几部分电路组成？如何实现 9 挡不同的衰减系数？衰减部分出现故障，对示波器性能有何影响？结合电路工作原理，分析故障的原因。

子任务 2：*Y* 轴系统放大电路故障维修。

请思考：*Y* 轴放大器有哪些核心器件？其故障现象是什么？结合电路工作原理，分析故障的原因。

三、实施步骤及要点

（一）*Y* 轴系统的作用及特点

1. *Y* 轴系统的作用

Y 轴系统对输入的被测信号进行处理，以满足示波管显示信号波形所需的电压幅度。该

单元电路由耦合方式选择、输入衰减器、前置放大器和主放大器组成。

Y 轴系统对输入信号进行比例变换，使之能在屏幕上表现出来。示波器可以显示峰值电压为几毫伏到几十伏的信号。因此必须把不同幅度的信号进行变换以适应屏幕的显示范围，这样就可以按照标尺刻度对波形进行测量。为此就要求对大信号进行衰减、对小信号进行放大。示波器的灵敏度或衰减器控制就是为此而设置的。

灵敏度是以每格的伏特数来衡量的。在多数的示波器上，灵敏度控制都是按 1－2－5 的序列步进变化的。设置颠倒为 10mV/格、20mV/格、50mV/格、100mV/格等。灵敏度通常是用幅度上升/下降钮来进行控制的，而在有些示波器中则用转动垂直灵敏度旋钮来进行。

如果使用这些灵敏度步进不能调节信号使之能够准确地按照要求在屏幕上显示，那么就可以使用可变（VAR）控制。使用标尺刻度可用来进行信号上升时间的测量，可变控制能够在 1－2－5 的步进值之间对灵敏度进行连续调节。通常当使用可变控制时，准确的灵敏度值是不知道的。我们只知道这时示波器的灵敏度是在 1－2－5 序列的两个步进值之间的某个值，这时我们称该通道的 *Y* 偏转是未校准的或表示为“uncal”。这种未校准的状态通常在示波器的前面板或屏幕上指示出来。

在新型示波器中，采用了现代先进的技术进行控制和校准，因此示波器的灵敏度可以在最小值和最大值之间连续变化，而始终保持处于校准状态。

在老式的示波器中，通道灵敏度的设置值是从灵敏度控制旋钮周围的刻度上读出的。而在新型的示波器上，通道灵敏度设置值清晰地显示在屏幕上。

2. *Y* 轴系统的特点

前置放大器由 1Q2～1Q7 组成。其中，1Q2 构成源极跟随器。1Q4 与 1Q5 构成共射极单端输入双端输出差动放大电路。1Q3 为 1Q5 基极提供适合的直流电平，调节电位器 1W1 使差动放大器两个输出端的 1Q6 与 1Q7 构成共集电极双端输入双端输出差动放大器。

主放大器即由 1Q8、1Q9、1Q11～1Q16 组成的三重差动放大电路。其中，1Q8、1Q9、1Q11、1Q12 组成两重共射极双端输入双端输出差动放大电路。1Q13～1Q16 组成第三重共射－共基双端输入，双端输出差动放大电路，这种组态电路高频特性好，电压增益高。

（二）*Y* 轴系统故障排除

1. 故障排除的总体思路

示波器的波形显示主要由 Y 单元、X 单元以及高压显示单元来完成，根据这一原理可知，如果 Y 单元故障，则示波管没有垂直方向的显示；如果 X 单元故障，则示波管没有水平方向的显示；如果高压显示单元故障，则完全没有显示。由此可以得出较为简单的判断故障单元的方法，其方法如下。

- 断开 Y 单元输出接插件 1X5 和 X 单元输出接插件 3X4，开机后观察屏幕有无亮点（注意要将亮度旋至最大位置），如有亮点，则说明电源及高压部分电路工作正常，如无亮点，则需检查电源和高压电路。
- 如有亮点，然后连接 Y 单元输出接插件 1X5，调节“Y”位移旋钮，观察屏幕有无亮点：如无亮点，则说明 Y 单元输出信号跑偏，也就说明 Y 单元存在故障。
- 如连接 Y 单元输出接插件 1X5，有亮点，则调节“Y”位移旋钮，观察亮点能否上下移动，如不能移动，则说明 Y 单元位移电路有故障，也就说明 Y 单元存在故障。

- 如连接 Y 单元输出接插件 1X5，亮点能上下移动，则在“Y”输入端输入一个信号，观察亮点能否伸展，如不能伸展，则说明 Y 单元没有放大作用，也就说明 Y 单元存在故障。

2. 常用方法

Y 单元的电路结构是一个变形的差分放大器，但特点和差分放大器相同。由差分放大器原理可以知道，差分放大器的典型特征就是要求在输入端电压差为“0”时，输出也为“0”，根据这一电路的特点，可以采用短路各级放大器的输入端观察其输出情况的方法来判断故障所在的部位，即短路法。

同时，Y 单元是一个纯粹的直流放大电路，直流放大器的特点是各点的工作电压相互牵制的，很难用直流工作点的方法来判断故障的部位。但其是一个纯粹的放大器，那么可以采用对各级的输入信号的变化来判断故障的部位，也就是交流通路检修法。

（1）短路法

由差分放大器原理可以知道，差分放大器的典型特征就是要求在输入端电压差为“0”时，输出也为“0”。根据这一电路的特点，可以采用短路各级放大器的输入端观察其输出情况的方法来判断故障所在的部位。因为在 Y 单元中，如果在没有信号输入的情况下，其放大器的输出电压应该为“0”，则示波器显示的光迹应该在屏幕的中央。

因为某一级放大器出现故障，则必然会使输出电压不为“0”，这时示波器显示的光迹就会跑偏或者无法使其回到中间位置。根据这一现象，可以采用从后往前短路各级放大器的输入端，当短路后光迹回到屏幕中央，则说明该级放大器的工作基本正常；当短路后光迹无法回到屏幕中央，则说明故障就在该级放大器中。当确定了故障所在的放大器后，就能根据上面提到的基本电路的特点来进行维修该级放大器电路了。

（2）交流通路检修法

这种方法就是根据电路的原理图，在“Y”输入一个标准的信号，用示波器来观察各级放大器的输入或者输出端的波形，当波形出现明显不正常时，则说明故障应该就在所测试的点的前一级放大器中，那依据单级放大器的原理，就能很容易地找出故障的部位。

3. *Y* 轴放大电路具体故障现象及排除

Y 轴系统即为输入信号至示波管垂直偏转板之间的通道。*Y* 轴系统的故障直接影响到被观测信号的传输、放大、选通和 *Y* 是否失真，同时也会作用于内触发扫描系统，使 *X* 轴扫描波形出现问题，所以需要仔细检查分析。

Y 轴系统故障的检测方法为可在故障通道输入端加入一个标准信号，然后逐级检查，将测试结果与预期值比较以找出故障，这一过程通常叫动态测试。另外还可采取静态测试法及比较法，其中比较法是修理示波器 *Y* 轴系统最常用的方法，这是因为现代示波器都具有两个以上的通道，这些通道在延迟线前虽都是独立的，但是同一示波器中通道电路基本相同。所谓静态测试即不加输入信号时，按通道前后顺序测量有关引脚的电压，将检测结果与图样标称值进行比较以找出故障点；或者在不开机时，按通道前后顺序测量有关引脚等器件的电阻值以找出故障点。所谓比较法即测量两通道电路中相同点的电压、电阻等，以找出故障。如果输入信号加于两通道显示结果不一样，就可采用比较法，而且故障肯定在延迟前的电路中。

其常见故障介绍如下。

【故障现象 1】 *Y* 轴光迹偏离（包括长时间工作后 *Y* 轴偏离）。显示电路工作正常，扫描置自激状态，*Y* 轴移位旋钮居中位置，示波管屏幕中央位置应有一水平光迹显示，若无水平光迹显示，则为 *Y* 轴偏离。

【故障分析】 *Y* 轴光迹偏离是由 *Y* 轴放大器工作电平偏离引起的。

Y 轴通道放大器一般为对称性差分放大电路，放大器各级均采用直流耦合。所以，任何一级、任何一点电平发生偏离均会导致 *Y* 轴末级输出电平不对称，而使光点或扫描线在垂直方向发生偏离示波管屏面的现象。

一般来说，*Y* 轴系统的电平偏离可分为 *Y* 轴前置放大器偏离、*Y* 轴后置放大器偏离以及 *Y* 轴门电路偏离。对于双踪示波器来说，前置放大器偏离又可分为 Y_1 通道偏离和 Y_2 通道偏离。

若双踪示波器两个通道均无光迹，故障可能发生在共用电路部分——*Y* 轴后置放大器；若有一个通道有光迹，则可认为共用电路部分是正常的。

（1）*Y* 轴后置放大器故障

近年来，*Y* 轴后置放大器多采用串并联电压负反馈平衡放大电路，其电路示意图如图 3-1 所示。

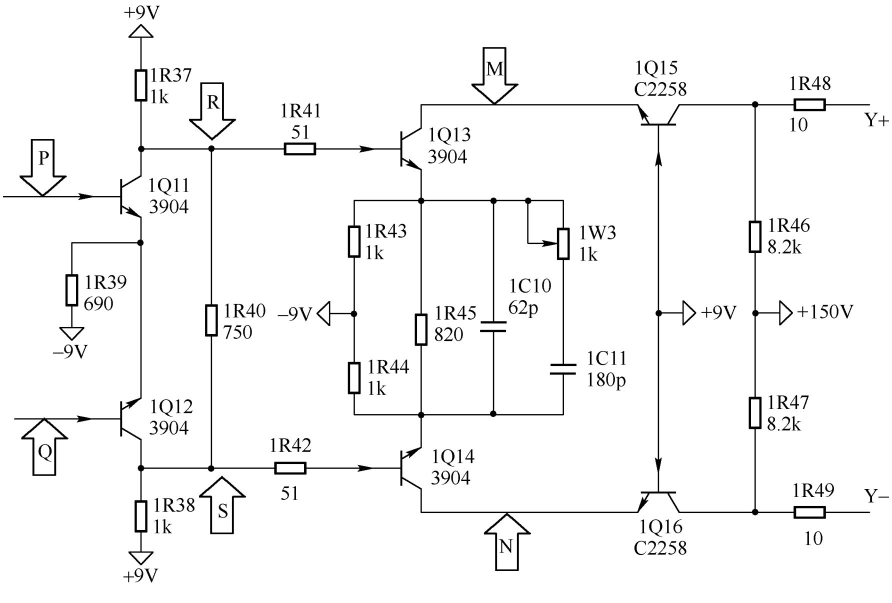


图 3-1　*Y* 轴后置放大器示意图

由图 3-1 可见，电路中任何一个三极管，任何一个电阻发生故障，均会使输出 *Y*+、*Y*- 两端的电平不对称，使光迹偏离。

检查时，若各挡电流电压均正常并加到各级放大器，则可用万用表直流 2V 挡，两个表棒分别接触“M”、“N”点，“R”、“S”点，“P”、“Q”点。万用表若读数为 0 左右，则故障在测量点后级，反之故障在测量点前级。

例如，图 3-1 所示的示波器后置放大器发生电平偏离。当测量“M”、“N”点时，万用表超量程溢出；然后测量“R”、“S”点，万用表读数基本为 0，则故障应在两次测量点之

间的电路部分。然后，再用万用表直流二极管挡分别测量 1Q13(3904) 及 1Q14(3904) 的 V_{be} 应为 0.6V 左右。测量结果，1Q13 三极管的 $V_{be}=0.65V$，1Q14 三极管的 $V_{be}=1.6V$。取下 1Q14 管，用万用表电阻挡测其 $R_{be}\to\infty$，则为该管 b－e 结开路，更换该管（需 β 配对）后工作正常，故障被排除。

（2）*Y* 轴前置放大器偏离

对于双踪示波器来说，若有一个通道工作正常，则应认为 *Y* 轴后置放大器是正常的，而要在另一个通道里寻找故障。

前置放大器由多级差分放大电路组成。由于前置级要完成移位、平衡调节、灵敏度调整等诸多功能，电路比较复杂，发生故障的情况也多。为了迅速查出故障部位，除采用上述 *Y* 轴后置放大器的检查方法外，还可采用逐级短路的方法进行检查。观察示波器屏幕，对电路进行短路后，若光迹能回到屏中央，则说明故障在短路测试点前级；反之，故障在测试点后级。

Y 轴前置放大器偏离，可检查下列部位：

① 平衡电位器是否正常，调整范围是否合适。

② 移位电位器是否正常，若是双联电位器，则是否有一联损坏和断线。

③ 各级放大器馈电是否正常。

④ 各级放大器对称点电平是否相同，各级晶体管是否有损坏，焊点是否有虚焊现象。

（3）工作一段时间后 *Y* 轴偏离

若示波器在每次工作了一段时间后发生 *Y* 轴偏离，这类故障多数为晶体管发热后出现的“瞬时开路”现象，有时还会恢复，时有时无，所以故障比较难以发现和排除。晶体管“瞬时开路”一般发生于 b－e 结。用万用表电阻挡或图示仪测试时，有时由于“电刺激”作用会使开路的晶体管又恢复正常，故比较难以判断。

检查该类示波器故障，可采用下列方法：开机后调节 *Y* 轴移位电位器，使扫描线居于屏幕垂直位置的中央。而后用电吹风（最好自制一个小喷口套上，使其作用面积减小）或热风枪（热度调到 +100℃左右），逐个吹热 *Y* 轴系统的晶体三极管或二极管，使其周围温度在 +80～+100℃之间。当热风在某管周围加温时，发现扫描线跳出屏幕，则可以认为该管有热开路现象，更换该管，故障即可排除。

也可在光迹偏离后，立即关机，再用万用表电阻挡测量晶体管的 b－e 正向电阻，若发现异常，可判定该管有瞬间开路。

【故障现象 2】示波器中有扫描线，而 *Y* 轴移位无作用。

【故障分析】该故障主要是由于 *Y* 轴通道某处短路或开路，使移位电平的变化无法传递到示波管偏转板。其故障可能有下列情况：

① 移位电位器 5W1 接触点断开或 +9V、－9V 电源均未馈入电路。

② *Y* 轴通道中某一对差分管工作不正常（+E 或－E 未加入），或一对差分管均被击穿或均呈开路状态。

③ 一般来说，*Y* 轴移位无作用，其故障多发生于移位电位器以后各级，但也有发生于移位电位器前级的。

【故障现象 3】*Y* 轴输入无放大显示，有扫描线显示，*Y* 轴输入信号和 *Y* 轴移位正常，但屏幕无波形显示。

【故障分析】该故障多发生于 *Y* 轴移位前级，可能有下列部位发生问题。

（1）*Y* 轴输入耦合电路故障

由于 *Y* 轴输入耦合电路发生故障，使信号无法进入 *Y* 轴通道，因而屏幕无波形显示。如图 3-2 所示，有以下三种情况。

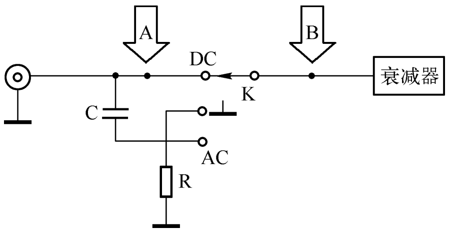


图 3-2 输入耦合电路原理图

① DC 耦合时有信号显示，AC 耦合时无信号显示，出现此情况的原因则为交流耦合电容 C 开路或开关 K 接电容端开关接触片损坏。

② AC 耦合时有信号显示，DC 耦合时无信号显示，原因则为线 A 处开路。

③ AC、DC 耦合均无显示，则有可能是线 B 处开路，开关 K 动片损坏，电容 C 引脚碰机壳，开关刀片碰开关支柱，使信号接地而短路。

（2）*Y* 轴衰减器故障

若输入耦合电路经检查正常，应进一步检查 *Y* 轴衰减器，此时主要有下列情况：

① 衰减器开关片无接触。

② 衰减器开关片对地短路。

③ 如图 3-3 所示，C3 或 R2 上端对地短路；C1 碰片；R1 开路。

（3）*Y* 轴通道输入级故障

若屏幕有扫描线，Y 轴移位正常，输入耦合电路、Y 轴衰减器均正常，则故障在 Y 轴通道输入级。如图 3-4 所示，此时有下列情况：

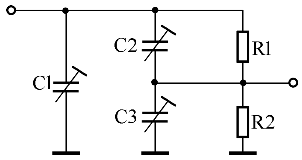


图 3-3 典型衰减器原理图

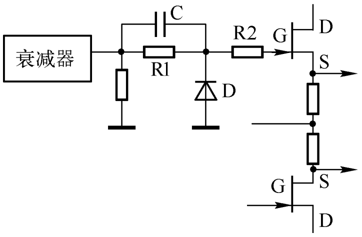


图 3-4 Y 轴通道输入级原理图

① R1，R2 开路。

② 保护二极管 D 对地短路（即击穿）。

③ 场效应管栅极 G 开路。

【故障现象 4】*Y* 轴方向波形显示不稳定。

【故障分析】若机身受到振动时，发生 *Y* 轴方向显示不稳定，一般认为是 *Y* 轴通道系统内焊接不良、接插件接触不良和元件误碰等引起的。

波形在垂直方向上下跳动时，首先应检查该系统供电电源是否有跳动现象；然后可用逐级短路法确定故障发生在 *Y* 轴放大器哪一级；再进一步检查该级放大电路的晶体管特性及稳压管是否良好，以及 *Y* 轴移位电位器是否正常。一般来说，有较大跳动时，可能是电位器及稳压管不良引起的。输入级场效应三极管特性不良时，常会引起光迹微跳。

波形的幅度大小有伸缩现象，可用示波器逐级检查来确定部位。这种故障一般为 *Y* 轴微调电位器不良，放大器晶体管特性不良，或某级放大器发射极回路参数变化、接触不良等引起。

【故障现象 5】 *Y* 轴栅流。当改变衰减器挡级时，*Y* 轴光迹发生位移。

【故障分析】 由于输入级场效应管本身质量差，栅极 G 有漏电流，如图 3-5 所示。当输入衰减器改变挡级时，分压比发生变化，G 极对地电阻将发生变化。由于分流不同，G 点电位将有所不同。这个变化的电平加在场效应管栅极 G 上，使漏极 S 输出电平也跟随变化，经多级放大后，传导到 *Y* 轴偏转板，使扫描线在改变衰减器挡级时，*Y* 轴方向光迹发生位移。正常的场效应管输入阻抗极高，G 极漏电流极小，即使与 G 极相连的阻抗发生变化，G 点电位也不变，扫描线不会发生位移。若出现上述故障现象，只要更换输入级场效应管即可消除。

【故障现象 6】 *Y* 轴幅度显示不正常。

【故障分析】 若 *Y* 轴偏转显示的幅度不能正确地反映输入信号的大小，即为 *Y* 轴偏转失常。输入本机校准信号或外加标准信号加以鉴别。为确定故障部位，可按下列步骤检查：

① 基准挡正常，其他某衰减挡不正常，故障在该挡衰减器。参见图 3-3 所示的典型衰减器原理图，常见的故障为：

- C1 碰片、C3 击穿均会使输入信号短路，而使屏幕不显示信号波形。
- C2 碰片、R2 开路（或阻值变大）均会影响衰减分压比，而使显示信号大于正确数。
- R1 阻值变大（或开路），使显示幅度小于正确数。

② 若基准挡不正常，则通道放大电路有故障。

图 3-6 所示的是一个典型的差分放大电路。该电路发生故障应检查 R1、R2，W1 有无开路、虚焊；C1 有无碰片。

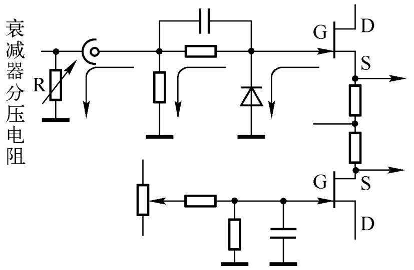


图 3-5　*Y* 轴输入级场效应管栅流情况

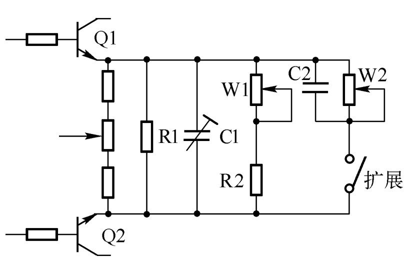


图 3-6　典型差分放大原理图

③ 若基准挡正常，*Y* 轴扩展幅度显示不正常，则故障发生在 K、W2、C2 组成的扩展网络。

可以根据上述故障分类，找出故障元器件，予以排除。

【故障现象 7】 位移线性不良，示波器图像位置改变引起波形幅度变化。

【故障分析】

① *Y* 轴移位时，发生波形阻塞（幅度变形）现象。其原因主要是晶体管特性差，特别是末级功放管动态范围较小。当移位电平变化时，使末级功放管进入非线性放大区，造成波形发生阻塞现象。

② 测试低频时，移位幅度显示正常；测试高频波时，移位幅度不正常。可用 1MHz 方波进行检查。这种情况是由于高频动态特性不良，多为末级放大管高频特性不良引起的。偏置电平变化时，引起 I_c 变化，从而影响其截止频率。出现此故障时，可把末级放大管拆下，用 QG－6 型 f_T 测试仪进行检查。首先应记录 Y 移位时该管 I_c 变化值，再用上述 f_T 测试仪进行改变 I_o 值的模拟测试。在改变 I_c 时，正常管子的 f_T 基本恒定；如 f_T 变化较大时，应予以更换，高额动态不良现象即可消除。

四、练习与思考

1. 如何结合动态检测与静态检测从而更加快捷地完成故障的排除?
2. Y 轴放大电路会引起示波器的故障现象有哪些?
3. 如何利用信号法来排除示波器的故障?

五、拓展训练

学生可以 2 人一组开展本项目的学习，也可在老师的指导下，一名学生设置电路的故障（1 个故障），让同伴进行故障排除，然后交替练习。

相关知识

1. 耦合

耦合控制机构决定输入信号从示波器前面板上的 BNC 输入端通到该通道 *Y* 轴系统其他部分的方式。耦合控制可以有两种设置方式，即 DC 耦合和 AC 耦合。

DC 耦合方式为信号提供直接的连接通路，信号提供直接的连接通路。因此信号的所有分量（AC 和 DC）都会影响示波器的波形显示。

AC 耦合方式则在 BDC 端和衰减器之间串联一个电容。这样，信号的 DC 分量就被阻断，而信号的低频 AC 分量也将受阻或大为衰减。示波器的低频截止频率就是示波器显示的信号幅度仅为其真实幅度为 71% 时的信号频率。示波器的低频截止频率主要决定于其输入耦合电容的数值。示波器的低频截止频率典型值为 10Hz。

2. 输入阻抗

大多数示波器的输入阻抗为 1MΩ 和大约 25pF 相并联。这足以满足多数应用场合的要求，因为它对多数电路的负载效应极小。

有些信号来自 50Ω 输出阻抗的源。为了准确地测量这些信号并避免发生失真，必须对这些信号进行正确的传送和连接。这时应当使用 50Ω 特性阻抗的电缆并用 50Ω 的负载进行连接。为避免误操作，选择此功能时需经再次确认。由于同样的理由，50Ω 输入阻抗功能不能和某些探头配合使用。

3. 位置

垂直位置控制扫描轨迹在屏幕 *Y* 轴的位置。在输入耦合控制中选择接地，可将输入信号断开，这样就可以找到地电平的位置。在更先进的示波器上设有单独的电平指示器，它可以让用户能连续地获得波形的参考电平。

4. 动态范围

动态范围就是示波器能够不失真地显示信号的最大幅值，在此信号幅值下只要调节示波器的垂直位置仍能观察到波形的全部。

简单地把两个信号相加起来似乎没有什么实际意义。若把两个有关信号串的一个进行反向处理，再将两者相加，实际上就实现了两个信号的相减。这对于消除共模干扰（即交流声），或者进行差分测量都是非常有用的。从一个系统的输出信号中减去输入信号，再进行适当的比例变换，就可以测出被测系统引起的失真。由于很多电子系统本身就具有反向的特性，因此只要把示波器的两个输入信号相加就能实现所期望的信号相减。

5. 带宽

示波器最重要的技术指标就是带宽，示波器的带宽表明了该示波器垂直系统的频率响应。示波器的带宽定义为示波器在屏幕上能以不低于真实信号3dB的幅度来显示信号的最高频率。

-3dB点的频率就是示波器所显示的信号幅度，“V_{disp}”为示波器输入端真实信号值，“V_{input}”的71%时的信号频率，如下式所示：

$$dB(伏)=20\log(电压比)$$

$$-3dB=20\log(V_{disp}/V_{input})$$

$$-0.15=\log(V_{disp}/V_{input})$$

$$10^{-0.15}=V_{disp}/V_{input}$$

$$V_{disp}=0.7V_{input}$$

6. 带宽限制器

使用带宽限制器可以把通常带宽在100MHz以上的宽带示波器的频带减小到20MHz的典型值。从而降低了噪声电平和干扰，这对于进行高灵敏度的测量是非常有用的。

7. 上升时间

信号的上升时间直接和带宽有关。上升时间通常规定为信号从其稳态最大值的10%到90%所用的时间。

信号的上升时间是一个示波器从理论上来说能够显示最快的瞬变时间。示波器的高频响应曲线是经过认真安排的，这就保证了具有高谐波含量的信号，如方波，能够在屏幕上精确地再现。如果频响曲线下降太快，则在信号的快速上升沿就会发生振铃现象。如果频响曲线下降太慢，即频响曲线下降得过早，则示波器总的高频响应就会受到影响，使得波形失去“方形”特性。

对于各种通用示波器来说，其高频响应曲线是类似的。从该曲线可以得到一个示波器带宽和上升时间的简单关系公式。此公式为：

$$t_r(s)=0.35/BW(Hz)$$

对于高频示波器来说，这个公式可以表示为：

$$t_r(ns)=350/BW(MHz)$$

对于一个100MHz的示波器来说，上升时间为3.5（$1ns=10^{-9}s$）。

在示波器的标尺上刻有标明0%和100%的专用线，用来进行上升时间的测量。测量时先用VAR灵敏度控制机构将被测好的顶部和底部分别和标有0%和100%的线对齐。

然后找出信号和标尺上标有10%和90%的两条线的交点。这样，上升时间就可以从这两个交点沿 X 轴方向的时间间隔读出来。

要想测量一台示波器的上升时间，可以使用与上述相同的方法，只是要求测试信号的上升时间应当比该示波器的上升时间短得多。为获得2%的测量误差，测试信号的上升时间至少应小于示波器上升时间的五分之一。示波器上显示的上升时间应当是示波器上升时间和信号上升时间和组合函数。

任务3–3 扫描系统故障分析与维修

通过本任务的学习，需要掌握以下内容：

- 能“读懂”扫描系统典型故障现象；
- 能利用仪器工具检测扫描系统电路中各元件，并判断其是否正常工作；
- 能通过观察故障现象并结合电路工作原理，分析故障，确定故障可能原因；
- 能通过故障分析，确定排查方案并利用仪器工具排查故障，找到故障点。

【重点知识与关键能力要求】

重点知识要求：

- 施密特电压比较器（扫描闸门电路）的工作原理；
- 锯齿波扫描信号发生器的工作原理、可能的故障现象及故障原因；
- 水平放大器典型故障及分析。

关键能力要求：

- 扫描系统的调整与检测；
- 扫描系统的故障维修。

一、工作任务描述

【任务要求】

本项任务主要以HE6105型示波器扫描系统为例，通过观察、分析故障现象，确定故障可能的原因，制定维修方案；通过实际检测、分析，逐步排查，找到故障点，并排除故障。

【任务环境】

- 以2人为一组组成工作团队，根据工作任务进行合理分工；
- 每组配HE6105型示波器一台；
- 相关检测设备（万用表、信号发生器、数字示波器）；工具与材料（电烙铁、焊锡丝、镊子、螺丝刀、吸锡器、备用元器件）。

二、工作任务实施

子任务1：锯齿波扫描信号发生器故障维修。

请思考：锯齿波扫描信号发生器由哪几部分电路组成？如何保证锯齿波的线性良好？锯齿波线性不良可能的原因有哪些？

子任务2：水平系统放大电路故障维修。

请思考：水平放大器有哪些核心器件？其故障现象是什么？结合电路工作原理，分析故障的原因。

三、实施步骤及要点

（一）扫描系统的作用及特点

1. 扫描系统的作用

扫描系统产生线性良好的锯齿波扫描信号，放大并校准后作为时基信号反馈于示波管的水平偏转板，使电子枪发射的电子从左到右发生扫描，把测量信号的波形图像在屏幕上显示出来。当无垂直信号时，扫描电路自激振荡状态，屏幕上显示一条水平线。当有垂直信号时在触发闸门的作用下，扫描信号的起点与垂直信号同步，使屏幕稳定地显示信号波形。

2. 扫描系统的特点

扫描系统可为示波器产生水平扫描锯齿波电压，由两片数字电路和12个三极管以及其他元件构成。

（1）扫描信号发生器

当无扫描触发信号输入时，扫描发生器工作于自激振荡状态。此时，扫描方式开关7K3－2置于AUTO（或TV－V）位置，与非门3U2－1一个输入（2脚）为“高”。设D触发器3U1－1的$\overline{Q}$端（6脚）为低，使三极管3Q1基极为负偏置而截止。恒流源电路3Q2向积分电容3C8～3C10充电，电容上的电压线性上升，经源极跟随器3Q3和射极跟随器缓冲，送到水平放大电路；由3Q4部分射极负载（通过电位器3W2）取出经分压的线性上升信号，通过二极管3D5加到射极跟随器3Q5的基极，3D5、电阻3R18、电容3C13和3C14组成射极跟随器的输入延迟网络。当3Q5射极电位上升到施密特触发器3U2－2、3U2－3上门限时，非门3U2－3的输出端“8脚”为“低”，3U2－2的输出端（6脚）为高，使D触发器3U1－1清零，其$\overline{Q}$端变为高电平，使3Q1饱和导通，积分电容迅速放电，其上的电压迅速下降，当3Q5射极电位下降至施密特触发器下门限时，非门3U2－3的输出变为“高”。使与非门3U2－1输出为低（此时它的两个输入端均为“高”），通过二极管3D2使D触发器置“1”，其$\overline{Q}$端又变为低电平；使3Q1截止，3Q2又向积分电容充电，如此循环下去，在3Q4的射极就产生了周期性锯齿波信号。

D触发器3U1－2为单次脉冲产生器，此电路$\overline{Q}$的常态为高，当CP端有触发脉冲时，$\overline{Q}$端便产生一个负脉冲，其宽度约为$1.2RC=2.4$ms。当开关7K3－2置于AUTO（或TV－V），有触发脉冲输入时，每次触发都将通过3U2－1与非门封锁D触发器3U1－1的S端，只有触发信号频率低时，才能产生自激锯齿波信号。

当扫描方式开关7K3－2置于NORM时，与非门3U2－1的一个输入端（2脚）接地，使D触发器3U1－1的S端处于封锁状态。当触发脉冲来时，3U1－1的$\overline{Q}$端输出电平变低→3Q1

截止→积分电容充电→3Q3 射极电位上升→施密特触发器反转→3U2－3 输出电平变低→3U1－1 清零，$\overline{Q}$ 端电平变高→3Q1 饱和导通→积分电容放电→直到下一个触发脉冲来时 3U1－1 的 $\overline{Q}$ 端电平再变低。积分电容循环充放电过程是在触发脉冲作用下产生的，3Q4 射极输出扫描锯齿波的起点与触发信号是同步的。当 7K3－2 置于“AUTO”触发信号频率高于几百赫兹时，在 3U1－2 产生加单次负脉冲的作用下，扫描信号也是与触发信号同步产生的。

（2）水平放大电路

① 水平扫描信号与 X 信号选择电路由 3Q6～3D9 与 3Q7 构成。

当扫描开关 6K2 置于 1～20 挡时，3D3 和 3D9 负极，3R26 的一端的结点 X 悬空，3Q7 导通，3D7 截止，X 信号通过 3D6 短路到地。此时 3D8 导通，3Q4 射极的水平扫描信号通过 3D8 加到水平放大电路 3Q8 的射极。当 6K2 置于 21 挡时，X 结点接地，D 触发器 3U1－1 处于置“1”状态，其 $\overline{Q}$ 端为“低”，不能产生扫描锯齿波信号。此时 3D9 导通，3D8 截止，X 信号通过 3D6，3D7 加到 3Q8 的射极。

② 水平放大电路由 3Q8～3Q12 构成。

水平放大电路的第一级由 3Q8 构成共基极放大器，它的射极电位可由面板上的位移旋钮 5W3（10K）电位器调节，从而改变其集电极输出直流电位，实现扫描线起点的左右移动。第二级水平放大电路是由 3Q9、3Q10 构成的单端输入双端输出差动放大器，调节两管射极间的可调电阻 3W1，可调节其放大倍数。第三级是由 3Q11、3QR 组成的双端输入双端输出差动放大器，其集电极供电电压为＋200V，两管射极间的负反馈电容 3C18 的作用是改善扫描信号的高频特性，两管集电极输出互补对称锯齿波扫描电压去推动示波管的水平偏转板，使光点在屏幕水平方向偏转。

（二）扫描系统电路故障排除

1. 总体思路

在垂直放大电路（1 号板）工作基本正常的情况下，连接 X 单元输出至示波管，调节“X”移位旋钮，观察屏幕有无扫描线。

如有扫描线或者亮点，则说明 X 单元放大电路部分工作正常，如无扫描线或者亮点，则故障应该就在 X 单元放大电路。

如有亮点而无扫描线，则测量 3Q1 基极看是否有－1V 左右的负电压，如有负电压，则故障在震荡电路，如无负电压，则故障在“D”触发器的同步控制电路，也就是故障在 X 单元。

2. 常用方法

在 X 水平扫描单元中，电路主要由“D”触发器电路、震荡电路及水平放大电路三个部分组成，其中水平放大电路和前面的 Y 单元电路完全一样，这里就不再重复了，而“D”触发器电路则是一个很典型的电路，在判断故障点时，只要先确定水平放大电路正常，这时可以观察震荡管的基极有没有一个负电压产生，如果有负电压，则故障在震荡的环路中，可以根据工作原理进行排查故障，如果没有负电压产生，则故障应该发生在“D”触发器电路。详细的检查方法在信号发生器和 Y 单元电路中都已经做过分析，在这里就不再重复了。

3. 扫描系统电路具体故障现象及排除

典型的扫描系统电路方框图如图 3-7 所示。

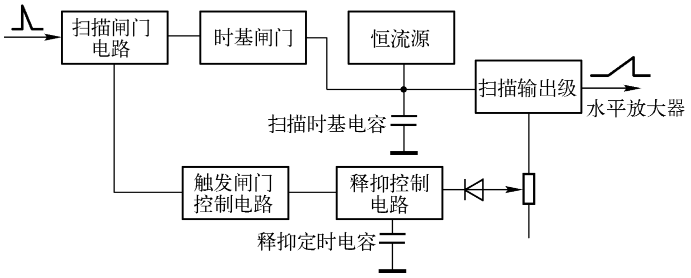


图 3-7　典型的扫描系统电路方框图

扫描系统电路是一个闭环电路，任何一部分元器件发生故障均会导致示波器扫描不正常，根据扫描电路各部分功能及屏幕显示现象，可以粗略地确定故障发生的部位。

扫描系统可以产生锯齿波扫描电压，并为 Z 轴放大器提供控制亮度的增辉脉冲信号。如果水平偏转系统发生故障，则会引起波形显示不稳、信号频率显示不准、没有扫描线、波形显示亮度不足等故障现象。

扫描系统电路故障的检测方法首先应确定电源无故障，接着按顺序检查扫描触发电路输出的触发脉冲是否正常、锯齿波发生器产生的锯齿波大小、斜率是否正常、锯齿波放大器输出是否正常等，若不正常再查相关电路中的损坏元器件。

其常见故障介绍如下。

（1）波形显示不稳

当触发脉冲发生电路、锯齿波发生器、锯齿波放大器发生故障引起锯齿波大小、斜率不稳定或者引起扫描锯齿波与输入信号不同步时，显示屏上的输入波形将不稳定。此时，常见故障位置如下：

① 触发电平调节电位器接触不良或损坏。

② 若扫描速度［t/div］切换完全由换挡开关控制，换挡开关可能接触不良。来回拨动［t/div］开关，若故障时有时无，即可断定［V/div］增益开关接触不良。

（2）信号频率显示不准

通常通过恒定电流对定时电容充电获得线性上升电压，定时电容又通过相关电路放电在电容两端产生了锯齿波电压，当恒流源电路发生故障或定时电容值发生变化后，扫描速度自然发生变化。

（3）没有扫描线

水平偏转系统完成锯齿波扫描电压的产生且决定扫描线的水平位置。若水平偏转板上所加电压过高或过低，不再使扫描线位于显示屏内的电压范围内，也就产生了显示屏上看不到扫描线的故障现象。此时，其中触发扫描电路、X 轴放大器及相关电路都有可能发生故障。水平偏转系统中常见的故障位置如下：

① 水平位置调节电位器被调到一边使扫描线位于显示屏外。

② 水平位置调节电位器损坏，则会使扫描线总位于显示屏外。

③ 差分输出的水平输出放大器损坏等。

（4）波形显示亮度不足等故障现象

示波管栅极电位通常比阴极电位低 60～70V，阴极发射电子受栅极负压抑制，从而使到

达荧光屏的电子甚少。*X* 轴通道产生扫描电压的同时也产生一个增辉信号，增辉信号经 Z 通道送到示波管栅极上，使栅极电位提高 30V 左右，阴极电子就会射到荧光屏上，形成较亮的扫描线。如果无增辉脉冲或增辉脉冲幅度不够，则会引起无扫描线或扫描线亮度不足等现象。

（5）扫描系统故障分析与排除

故障分析与排除练习后，填写表 3-3 的填写。

表 3-3　扫描系统故障分析与排除（部分）

故障现象	无扫描时，光点停留在屏幕左侧	无扫描时，光点停留在屏幕右边	*X* 轴外接无输入显示
匹配连线			
故障分析	“X”置外接，*X* 轴输入信号，屏幕在 *X* 轴方向应有光迹显示。若 *X* 轴外接时，屏幕无显示，可按下列步骤检查：① 首先扫描置“自动”，扫速置合适挡级，显示扫描线。若有扫描线，则说明水平放大器是正常的。② 若有扫描线显示，而 X 外接无输入显示，故障部位应在外接输入电路	一般可能是图 3-7 所示的上半部分电路故障（即扫描闸门电路、时基闸门电路、恒流充电电路、扫描时基电路、扫描输出级电路），造成扫描正程电路工作失常	一般可能是图 3-7 所示的下半部分电路失常（即触发闸门控制电路、释抑控制电路，释抑定时电路），也即扫描回程，释抑时间形成电路失常
检修方案			

【故障现象 1】 扫描线短。

【故障分析】 扫描置“自动”，使屏幕显示扫描线。正常时，扫描线在扫描各挡均大于 10div。出现扫描线短时，应分别检查扫描电路和水平放大器。

① 扫描线短，而扫描时间又是负误差，应分别检查水平放大器及元器件。

- 水平放大器各挡电源电压是否正常。
- 增益调节电位器是否损坏。用万用表测试电位器的阻值。
- 检查各差分放大器工作状态是否正常，晶体管是否损坏。用万用表测量对应点电压及晶体管 V_b，判断电压是否正常。

② 扫描线短，而扫描时间正常，应检查扫描电路及元器件。

- 检查扫描电路各挡电源电压是否正常。
- 检查扫描长度电位器是否损坏。
- 晶体管是否击穿。
- 如上述检查均正常，应重新调整扫描长度电位器。

【故障现象 2】 扫描起始点变动。改变扫描挡级时，扫描线起扫点在水平方向上发生位移。

【故障分析】 扫描起始点变动给测试波形的周期及脉宽带来不便。该故障主要发生在扫

描电路、充电电路和输出电路。故障原因可做下列检查：

① 检查闸门管 3Q1 特性是否良好。因为闸门关启有异常情况时，会使时间电容器 C 充电时产生分流，或放电时产生残留电平，而各扫描挡 RC 电路不一致，则残留电平也会不一致，使扫描起始电平发生变动。

② 时间电容器 C 损耗大，影响充电电平的建立，从而使各扫描挡级间起扫点不一致。

③ 源射极跟随器晶体管 3Q3、3Q4 特性差，或 3Q3 有栅极 G 漏电流产生，使改变扫描挡级时，扫描起始点变动。

【故障现象 3】 X 轴偏离。光迹在水平方向上发生偏离屏幕的现象。

【故障分析】 X 轴偏离一般为水平放大器故障。水平放大器由若干级对称的差分放大器组成，各对应点电位应相同，电路中任一元器件损坏均会使水平光迹发生偏离。该电路发生故障可按下列步骤检查：

① 检查各挡电源电压是否正常。

② 差分放大器各级工作点是否正常，对应点的电位是否平衡。

③ 组成差分放大器的两个晶体管特性是否配对。

④ 水平放大器平衡电位器是否损坏，调整是否适当。

⑤ 放大器电阻是否变值。

该电路与 Y 轴后置放大器有相似之处，故具体排除方法，可参照 Y 轴光点偏离故障的分析，进行检查排除。

四、练习与思考

1. 试分析 3Q1 损坏开路，示波器会出现什么样的故障现象？
2. 试分析 3C10 漏电、3R16、3R11、3D5 开路，分别会出现什么故障现象？

五、拓展训练

学生可以 2 人一组开展本项目的学习，也可在老师的指导下，一名学生设置电路的故障（1 个故障），让同伴进行故障排除，然后交替练习。

相关知识

1. 时基

为了描绘一幅平面图形，必须要有水平和垂直两个方向的信息。示波器描绘轨迹表明信号随时间的变化情况，因此其水平偏转必须和时间成正比。示波器中控制水平偏转，即 X 轴的系统称为时基。

在示波器中有一个精确的扫描发生器。它使得电子束以精确的、用户可选择的速度在屏幕上扫描。

扫描速度以每格的秒数（s/格）来度量。一台典型示波器的扫描速度范围可以从 20ns/格到 0.5s/格。扫描速度也和灵敏度控制一样按 1－2－5 的序列变化。只要知道了每个标尺格所代表的时间值，就可以测量出屏幕扫迹上任何两点之间的时间。

2. 水平位置控制

水平或 X 轴位置控制机构 X－POS 可以在屏幕上沿水平方向移动扫迹，这样就可以把扫

迹上的某一点和某一条垂直标尺线对齐，以便观测。

3. 可变时基

可以选择不同于标准的 1 -2 -5 序列设置值的扫描速度，这样就能够把任意一个波形的一个周期调整成横跨整个屏幕宽度。和在 Y 轴方向使用 VAR（校准）一样多数示波器会给出指示，说明正在使用可变时基，X 轴处于未校准状态。更先进的示波器，可以工作在校准的连续可变时基模式。这时由于可以用整个屏幕来显示信号中我们感兴趣的部分，所以能获得更好的测量时间分辨率，同时也能大大减小发生操作错误的可能性。

典型双时基示波器的时基工作模式有以下几种。

① MTBI = 只用主时基。

只用 MTB 工作时，示波器的性能和单时基示波器相同。

② MTB ± = 主时基加亮。

这时示波器只显示主时基，但是扫迹上的一部分被加亮，以表示出 DTB 的起始位置及其扫描速度。

③ MTB 加亮和 DTB。

和 MTBI 相同，但也同时显示 DTB 扫描。

④ DTB = 延迟时基。

只显示 DTB 扫描。

对普通模拟示波器来说，工作模式有正常、自动或触发以及单次或单次捕捉等。

① 正常模式。时基必须受到触发才能产生扫迹。其规律非常简单，即“没有信号就没有扫描轨迹”。示波器在选定的触发源通道上必须有输入信号，并且该信号必须大到足以触发时基电路。如果没有输入信号，屏幕上就不会有扫描轨迹。

② 自动模式。如果能在没有输入信号时也能看到扫迹。这将会是很有用的。在没有输入信号以进行触发时，自动模式将会使时基以低频率自由运行，从而在屏幕上产生扫迹。这使得用户可以设置扫描轨迹的垂直位置，即如果信号仅为一直流电位的情况。

任务 3-4 触发电路故障分析与维修

通过本任务的学习，需要掌握以下内容：

- 能利用仪器工具检测触发电路核心器件，并判断其好坏；
- 能通过观察故障现象并结合电路工作原理，分析故障；
- 能通过故障分析，并利用仪器工具排除故障；
- 能“读懂”触发电路典型故障现象；
- 能表述电路的故障分析方法；
- 培养具备独立分析故障、解决故障的能力。

【重点知识与关键能力要求】

重点知识要求：

- 触发源选择电路的工作原理及故障特点、现象；

- 触发电平调节电路的工作原理及故障特点、现象；
- 触发信号整形电路的工作原理及故障特点、现象。

关键能力要求：

- 触发源选择电路的故障维修；
- 触发电平调节电路的故障维修；
- 触发信号整形电路的故障维修。

一、工作任务描述

【任务要求】

本任务主要以 HE6105 型示波器触发电路为例，通过分析常见故障现象，介绍故障分析方法、步骤，使学生具备独立分析故障、解决故障的能力。

【任务环境】

- 以 2 人为一组组成工作团队，根据工作任务进行合理分工；
- 每组配置 HE6105 型示波器一台；
- 相关检测设备（万用表、信号发生器、数字示波器）；工具与材料（电烙铁、焊锡丝、镊子、螺丝刀、吸锡器、备用元器件）。

二、工作任务实施

子任务 1：触发源选择电路的故障维修。

请思考：触发源选择电路有哪些核心器件？故障现象是什么？结合电路工作原理，分析故障的原因。

子任务 2：触发电平调节电路的故障维修。

请思考：触发电平调节电路故障对整机有什么影响？故障现象是什么？结合电路工作原理，分析故障的原因，学会排除整机故障。

子任务 3：触发信号整形电路的故障维修。

请思考：触发信号整形电路故障现象是什么？结合电路工作原理，分析故障的原因。

三、实施步骤及要点

（一）触发电路的作用及特点

我们已经看到在示波管上输入信号如何提供垂直偏转，时基如何给出水平偏转，但是如何才能保证在电子束扫过屏幕时每次都准确地扫过相同的路径呢？解决这个问题的关键在于触发电路。如果没有触发电路，在屏幕上看到的将会是具有随机起始点的很多波形杂乱重叠的图像。而触发电路的作用就在于保证每次时基在屏幕扫描时，时基扫描都从输入信号上的一个精确确定的点开始。这个精确的扫描起始点则由下述控制因素来决定。

① 触发源：它决定触发信号从哪里获得。在多数情况下，触发信号来自输入信号本身。所以如果只使用一个通道，那么触发源就设置为该通道。如果使用多个通道，那么触发源可以从这些通道中选取。

② 复合触发（Composite triggering）：是在显示不同的通道时轮流使用相应的通道触发。这对于显示频率不相关的信号时是非常有用的。

③ 内触发（INT）：示波器内部触发。

④ 外触发（Ext）：如果示波器具有外部触发输入端，那么它上面连接的信号则可驱动触发电路使示波器触发。

⑤ 电源触发（Line）：如果要观测在电源频率或者源于电源频率系统的信号，那么电源触发功能可以提供电源触发的能力。这是观察与电源有关的干扰信号的好方法。

（二）触发电路故障分析与排除

1. 总体思路及方法

根据触发源信号通道及工作原理，可以按照内、外触发信号通道，采取逐级检查的方式进行故障排查。

故障分析与排除的基本步骤如下。

① 检查放大电路 1Q10、射极跟随器 2Q3 以及差动放大电路 2Q5。

② 检查外触发信号，检查接插件 7J2 经 2X2 插头座是否连接。

③ 检查放大电路 2Q1、2Q2，其中 2Q2 的射极输出进一步被缓冲的外触发信号，经选择开关二极管 2D2、2D3，接至差动放大电路 2Q5 的基极。2Q2 的集电极输出被放大的 X 轴输入信号，经接插件 2X1 送至水平扫描板（由 3X2 引入）。

④ 检查 2Q4，因为 X 信号与内触发信号共用一个输入端。2Q4 电路的作用是：当示波器工作于 XY 方式时，不使 X 信号产生水平扫描触发信号。当扫描开关 6K2 置于“XY”时，2Q4 管饱和，从而阻断 X 信号至 2Q5 基极的通路。当 6K2 置于其他位置时，2R15 的一端通过 3R26（10K）电阻接 +9V，2Q4 截止，不影响外触发的正常工作。

⑤ 检查 2Q5、2Q6 组成差动放大器，调节面板上的触发电平旋钮（5W5 电位器）时，使 2Q6 的集电极电流 I_{C6} 改变，引起两管射极电位改变，从而改变 2Q5 的直流工作点，使由 2Q5 放大的内或外触发信号的直流电平向上或向下移动。当触发信号幅值较小时，使 2Q5 集电极直流电平上移可使由两个非门（2U1－1、2U1－2）组成施密特触发器易于被触发。当触发信号幅值足够大时，改变 2Q5 集电极直流电平，可改变施密特触发器产生触发脉冲的位置。

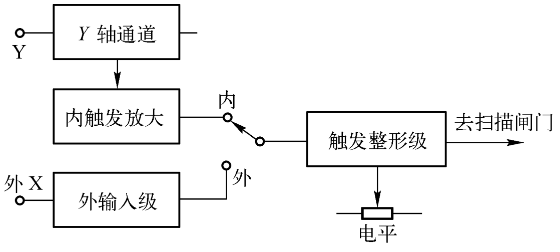


图 3-8　触发电路方框图

2. 触发电路具体故障现象及排除

触发电路方框图如图 3-8 所示。

示波器置“触发”或“同步”时，调节“电平”，波形不能同步，故障多数发生在触发电路，但也可能发生在扫描电路，如扫描自激。

【故障现象 1】 无触发同步。Y 轴输入信号，调节“电平”电位器，波形无法

同步。

【故障分析】 触发电路未能输出与信号同步的单向同步脉冲（常见为负脉冲），用以控制扫描闸门电路的工作。

为判断故障部位，常分别用“外触发”、“内触发”进行观察。若外触发正常，而内触发不正常，故障常发生在内触发放大器；相反，则故障在外触发输入级。当内、外均不能同步时，则故障在触发整形级。

① 内触发放大器的检查。内触发放大器常设置在 *Y* 轴单元，其作用是将被测信号放大，以驱动触发整形级。同时，其输出电平应接近零，以保证在触发直流耦合时整形电路能正常工作。

该放大器一般为多级差分电路，检查方法与 Y 放大器相同。检查的重点是输出端直流电平可调，当 Y 移位居中，Y 各级放大器平衡调好时，其输出电平应调到 0。

② 外触发输入级较简单，可直接检查晶体管及连接线。

③ 触发整形级的检查。

该电路把被观察的信号，经放大、极性变换、整形、微分、削波后产生一个固定形状、幅度、极性的触发脉冲，以启动扫描闸门电路，这是判断其正常与否的关键。

【故障现象 2】 无自动。置“自动”时，屏幕无扫描线，仅有光点。

【故障分析】 在 *Y* 轴无信号时，自动电路输出一电平控制扫描闸门电路，使扫描自激。当有信号输入时，自动电路状态发生变化，输出电平使扫描闸门处于待触发状态。检查时，应首先检查其输出电平是否变化。

四、练习与思考

1. 简述触发电路故障的特点和分析方法。
2. 触发极性选择电路出现故障时，有何现象？如何排除？
3. 示波器显示的波形出现周期性左右晃动，试分析可能的故障原因。

五、拓展训练

学生可以 2 人一组开展本项目的学习，也可在老师的指导下，一名学生设置电路的故障（1 个故障），让同伴进行故障排除，然后交替练习。

任务 3–5　整机故障分析与维修

通过本任务的学习，需要掌握以下内容：

- 能“读懂”示波器典型故障现象；
- 能利用仪器工具检测放大器电路核心器件，并判断其好坏；
- 能通过观察故障现象并结合电路工作原理，分析故障；
- 能通过故障分析，并利用仪器工具排除故障；
- 培养具备独立分析故障、解决故障的能力。

【重点知识与关键能力要求】

重点知识要求：

- 示波器整机故障分析的基本原则；
- 整机故障排除的一般步骤。

关键能力要求：

- 故障现象的分析判断，确定排除故障的方案；
- 通过检测找到故障点，修复示波器。

一、工作任务描述

【任务要求】

本任务主要以 HE6105 型示波器放大器为例，通过分析常见故障现象，介绍故障分析方法、步骤，使得学生具备能独立分析故障、解决故障的能力。

【任务环境】

- 以 2 人为一组组成工作团队，根据工作任务进行合理分工；
- 每组配置 HE6105 型示波器一台；
- 相关检测设备（万用表、信号发生器、数字示波器）；工具与材料（电烙铁、焊锡丝、镊子、螺丝刀、吸锡器、备用元器件）。

二、工作任务实施

子任务 1：识读整机故障，分析故障原因。

请思考：无电源指示、无光、无扫描故障可能的原因有哪些？结合电路工作原理，分析故障的原因，说说排除故障的思路。

子任务 2：整机故障排除（根据故障现象，分析故障原因，确定维修方案，排除故障）。

请思考：根据整机故障现象如何划分故障范围？各部分单元电路故障，会出现哪些故障现象？

三、实施步骤及要点

（一）示波器整机故障分析原则

① 当有扫描线时示波器不能正常显示输入波形，一般为通道故障。

② 当没有扫描线时，调节扫描线垂直位置和水平位置的两个调节电位器，观测扫描线是否出现，若仍没有，检测电源是否正常，若电源正常，需要检查扫描触发电路。

③ 电源故障率较高，很多故障现象都与电源故障有关。

④ *Y* 轴系统故障一般影响输入信号的幅度显示，而水平偏转系统故障一般影响扫描速

度及同步性能。

（二）示波器整机故障分析框图

示波器整机故障分析框图如图 3-9 所示。

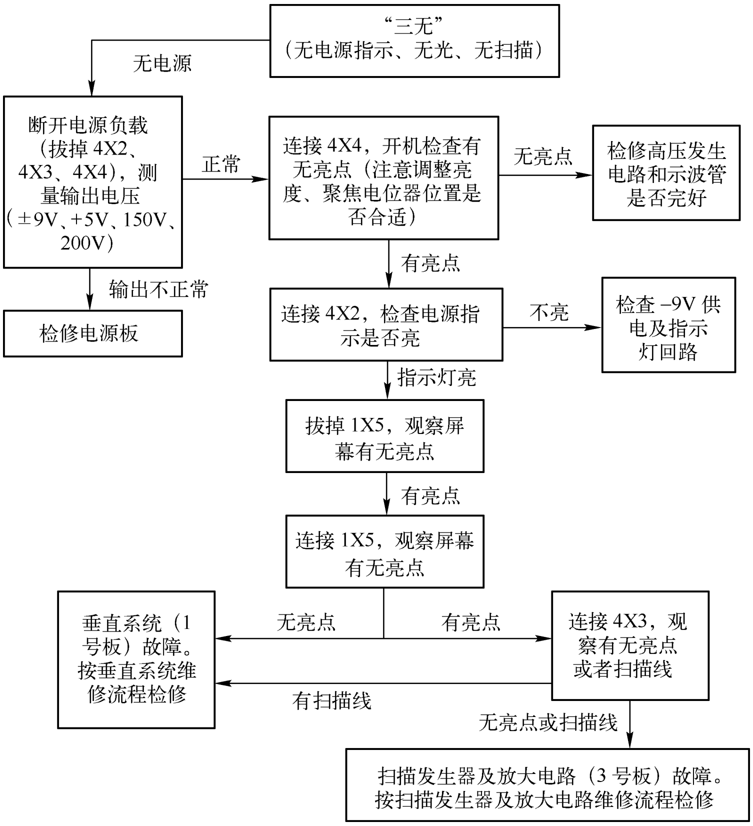


图 3-9 示波器整机故障分析框图

（三）示波器整机故障分析要点

示波器是一个相对比较复杂的设备，几乎包含了低频模拟电路中的各种电路形态。其主要以差分放大器为基础，以直流放大电路为主导思想，而在所有模拟电路中，又以直流放大电路最复杂，因为这种电路信号通路是以直流耦合的形式存在的，某一点的工作电压发生变化，则很多关联的工作电压都会发生较为明显的变化，所以在故障判断上就比较困难。在水平扫描单元中，其采用的是闭环电容充放电的锯齿波形成电路，这种电路在形态上就好比自行车的链条一般，某一节出现问题，则整个环路就完全瘫痪，也是比较复杂的。同时在震荡电路中又引进了“D”触发器作为同步控制电路，使整个电路就把模拟和数字电路有效地结合了起来，所以要想从某一点的现象来判断故障的部位就变得不可能了。对于示波器的维修，我们要对电路的结构特点（差分放大器和直流耦合）进行分析和判断，寻找一个比较直接的方法来判断故障的具体部位，这就需要有较为扎实的模拟电子电路的基本功。

判断故障单元时，根据示波器测量原理（示波管的波形显示主要由 Y 单元、X 单元以及高压显示单元来完成）可知，如果 Y 单元故障，则示波管没有垂直方向的显示，如果 X

单元故障，则示波管没有水平方向的显示，如果高压显示单元故障，则完全没有显示。

（四）整机故障现象与原因分析

【故障现象 1】 带宽指标降低。

【故障分析】 带宽比较宽的示波器，对各类器件都有严格的挑选要求。长期使用后，机内各器件都程度不同地发生老化，很难把带宽指标维修到原有水平。若能精心进行调试，仍可或多或少使带宽提高。下面举例说明对示波器带宽指标降低的挽救措施：

① 检查晶体三极管截止频率是否下降。可将 Y 轴系统的晶体三极管（特别是主放大器晶体管）拆下，用 QG－6 型超高频小功率晶体管 f_T 参数仪测试，f_T 应有充分余量。一般晶体管 f_T 的选取应为示波器上限频率的 10 倍为妥。若实测 f_T 已不符合要求，应予更换。

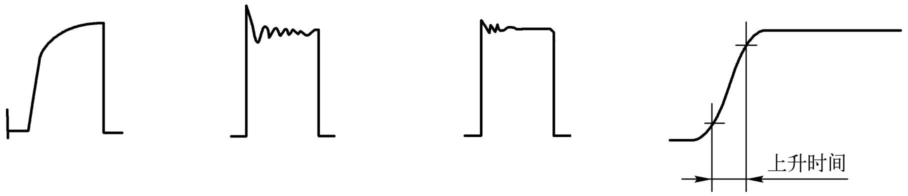
② 检查频率补偿网络作用是否良好，特别应检查可调整器件接触是否良好。输入 1MHz 脉冲方波，分别用小起子柄在可调整器件上轻轻敲击，同时观察脉冲方波是否有突变现象。若有变化则更换该器件。

③ 输入 1MHz 脉冲方波，分别对各套频率补偿网络重新进行调试。补偿网络分布于几级差分放大器，对于不同的示波器应根据各自的产品技术条件要求，分别对瞬态波的上升时间、上冲量、阻尼等指标反复调试。

④ 检查延迟线高频损耗是否增大了。用正常延迟线替换法试验（HE6105 型示波器无延迟线）。

【故障现象 2】 瞬态特性不良。

【故障分析】 可输入 1MHz 快速前沿脉冲方波信号，检查示波器瞬态特性。此时瞬态波形有三个主要指标（上升时间、上冲量、阻尼）应符合该型号产品技术条件的要求，如图 3-10 所示。



（a）欠补偿　（b）过补偿　（c）正常　（d）X 轴经扩展的瞬态波

图 3-10　瞬态被测试波形

对于带宽越宽的示波器，频率补偿网络越多，并且分布在前、后置多级差分放大器的发射极之间，如图 3-11 所示。每一组补偿网络相对应某一频率，RC 乘积越小，补偿频率越高。在图 3-10 中，方波的前后沿越陡直，放大器高频特性越好，方波的平顶部分越平，低频特性越好。调试时可根据上述原则把脉冲波平顶调平，上升时间调得越小越好。

若发生图 3-10（a）的情况，一般应检查图 3-11 中所示的补偿电位器 W 是否正常，C2 与 W 组成的补偿网络焊接是否良好，同时应检查三极管（特别是 Y 轴末级功放管）特性是否良好。

若发生图 3-10（b）的情况，一般可检查图 3-11 中所示的 C1，R 组成的补偿网络是否正常，R 是否短路，或 C1 是否过大。

若上升时间不够快，则可检查 C3 焊接是否良好，或其容量是否过小。

【故障现象 3】 *Y* 轴出现振荡或受到干扰。波形线条变粗，扫描线模糊，波形叠加干扰。

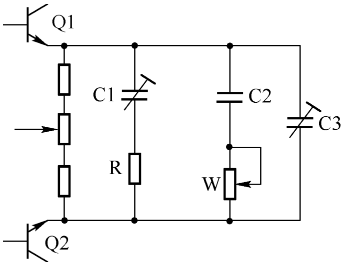


图 3-11　频率补偿网络原理图

【故障分析】

(1) *Y* 轴高频振荡

由于 *Y* 轴频率补偿过度、接地不良、有底板电流、印板工艺安排欠妥、电源滤波特性差等原因，都使示波器产生 *Y* 轴高频振荡，造成显示波形产生线条变粗现象，如图 3-12 所示。

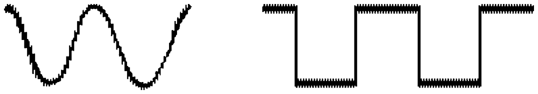


图 3-12　*Y* 轴显示波形叠加振荡时的情形

因振荡形成情况比较复杂，下面提供一些检查步骤与排除方法，供检修时参考。

① *Y* 轴系统各级的馈电是否良好，电源滤波特性是否良好，特别是电源的电解电容器是否失效。有时也可在 *Y* 轴各级电源退耦电容旁加接小电容，并选择良好的接地通路，以消除高频信号的正反馈。

② 印制板同机架之间的紧固螺钉是否旋紧，特别是印制板与机箱的接触面是否有助焊剂或其他氧化层隔离，可用酒精清除之，使其有良好的接地。

③ 示波器与被测信号是否有公共接地点，使用时可在示波器地线接线柱与被测信号地点加粗电线连接。

④ 是否因振动等原因使布线位置移动，如有可拨动的连线则应试验一下，或固定到原来位置，消除不必要的耦合，特别注意信号线。

(2) *Y* 轴噪声

当示波器 *Y* 轴灵敏度较高，而电路中晶体管、电阻等本身噪声较大时，噪声经放大后，显示在屏幕上，会影响示波器对波形的观测。噪声较大时，严重妨碍对正常微弱信号的观测。

Y 轴噪声主要是示波器放大器输入级晶体管噪声引起的（后级放大器噪声影响比较小），在输入级应选用固有噪声小的晶体管。

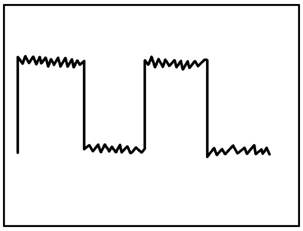


图 3-13　微声效应示意图

发生噪声过大时，可采用分别更换输入级管子的方法试验，检查到哪只晶体管噪声过大时也可更换电位器，检查噪声源。同时还可检查 *Y* 轴前置级使用的电源滤波特性是否良好。

(3) 微声效应

观察波形时，示波器受到微小的振动，屏幕上的波形就发生如图 3-13 所示的变化，称为微声效应。这种故障的原因多起因于 *Y* 轴输入级晶体管（或电子管）的内部结构。

由于晶体管，特别是电子管内部引脚制造工艺不当，在遇

到振动时，会产生极微小的电压抖动，经多级放大后即会叠加到被观测信号上，影响正常波形的观察。微声效应严重时，会干扰整个屏幕的波形。出现此现象时，可用小起子柄轻轻碰及各级管壳，特别是输入级，发现对振动比较敏感的管子，应予以更换，微声效应即会消除。

（4）电源波纹大

电源波纹大而引起的干扰，一般为 50Hz 或 100Hz，此时可检查低压电源。

【故障现象 4】 扫描非线性失真。显示波形在水平方向上产生失真。

【故障分析】

① 若扫描各挡级均有非线性失真，可按图检查下列元器件：

- 恒流管 3Q2 击穿，使充电电流不能保持恒定，则时基电容 C 上的充电电压上升呈非线性。
- 电位器 5W4 性能不良，使 3Q2 的 V_b 电压产生波动，从而影响恒流管的恒流特性，有时还会影响扫描时间。
- 源极跟随管 3Q3 的 G－S 极击穿或 G 极漏电，使场效应管 G 极不呈高阻特性，从而影响时基电容 C 的充电线性。
- 射极跟随管 3Q4 的 b－e 结击穿或特性差，负载能力减弱，引起输出波形非线性变化。

② 连续某几挡扫描非线性失真，则为该几挡共用扫描时基电容器漏电所致。

③ 水平放大器引起的扫描非线性失真。水平放大电路引起的非线性失真可做下列检查：

- 检查电源电压及水平放大器各级工作状态是否正常，用万用表测量各对应点电压及晶体管 V_{be} 电压。
- 各级晶体管特性是否良好，特别是末级功放管 3Q11、3Q12 共发电路输出特性线性是否良好，可拆下再用晶体管图示仪测试。
- 若高扫速挡线性差，可检查和调整补偿电容 3C12 和高频补偿电容 3C18。输入时标信号，分别旋动 3C12、3C18，观察屏幕显示，若波形有跳变或无变化，则为 3C12 或 3C18 损坏，若变化量不能满足校准线性的要求时，则为电容的电容量不足，可在相应位置并联小电容试验，使其对线性的补偿达到最佳效果（注意：该电容调整后应重新检查水平响应）。

【故障现象 5】 扫描时间因数误差大，即屏幕显示的扫描时间与标准值之间的误差大。按技术条件要求一般应小于 5%。

【故障分析】 扫描时间因数误差大，主要原因如下：

① 时基电路参数超差。主要原因是时基电容与时基电阻误差大。虽然在生产装配前已对时基电容器进行过组合挑选，但由于电容本身质量有问题，使用日久后，其电容量会产生一些变化，特别是受外界温度、湿度变化影响而产生较大误差。检查该电容，并按规范要求重新配置电容。为了对扫描时间进行调整，时基电阻一般还要串接调整电位器，在一定的范围内对扫描时间误差进行修正，以使时基参数符合要求。

② 水平放大器放大量不稳定。其主要原因是晶体管特性不稳定或水平增益电位器不稳定，导致放大量发生变化，造成扫描时间误差。为排除此故障，不仅要更换特性不稳的晶体管和增益电位器，还必须对扫描时间重新调整。

③ 扫描电路恒流管特性不良。由于恒流管特性不良或受温度影响，造成充电电流非线

性，同时还影响各挡扫描时间。

④ 扫描开关接触不良。由于扫描开关接触不良，使接触电阻增加，而且接触电阻值也不稳定，会直接影响时基电路参数，引起扫描时间误差增大。清洗接触片或更换整个开关，即可排除此故障。

四、练习与思考

1. 如果电阻 3R1 变值（阻值变为 5kΩ 左右），试分析将会有什么故障现象？
2. 示波器测量信号时，无法同步，试分析故障原因，设计检修方案。

五、拓展训练

学生 2 ~4 人一组开展整机故障排除练习，一名学生设置电路的故障（在教师指定范围内设置 1 ~2 个故障），让同伴进行故障分析与排除。

项目四

电动自行车电池充电器的安装调试与维修

在本项目中将完成电动自行车电池充电器的焊接、组装、调试与维修的工作任务。通过训练实物制作，培养学生的调试能力、故障分析与排除能力，达到能够胜任制作员、调试员工作任务的目的，并为改进产品、设计产品打下基础。

任务 4-1 充电器的焊接、组装

通过项目一到项目三的学习，我们已经掌握了电子产品焊接组装的一般方法。在本任务中将完成电动自行车电池充电器的焊接、组装。通过本任务，需要掌握以下内容：

- 熟练掌握万用表检测元器件的方法；
- 掌握完成电路板元器件焊接的规范和技巧；
- 培养安全正确操作仪器的习惯、严谨的做事风格和协作意识。

【重点知识与关键能力要求】

重点知识要求：

- 焊接与装配的规范、技巧。

关键能力要求：

- 特殊元器件的检测与焊接。

一、工作任务描述

客户提供了一个电动自行车电池智能充电器的套件，要求对其完成焊接和装配工作。

【任务要求】

- 使用万用表等常用仪表检测元器件特性，确保元器件质量。
- 规范、熟练地将元器件有序焊接到线路板上。
- 组装充电器成品，编写工艺文件。

【任务环境】

- 焊接工装台；
- 每人配置组件一套，万用表等工具一套；

• 以 2 人为一组，任务独立完成，互相帮助。

二、工作任务实施

子任务 1：元器件检测。

请思考：这个产品的元器件有没有之前没用过的？怎么检测元器件好坏和性能优劣？有没有什么经验技巧？

子任务 2：电路元器件焊接。

请思考：已经能熟练焊接了吗？焊接规范熟悉了吗？焊接次序有没有优劣差异？怎么样能又快又好地完成任务？

子任务 3：整机装配。

请思考：装配工艺文件，该怎么写？

三、实施步骤及要点

某型号充电器的实物照片如图 4-1 和图 4-2 所示，其中，图 4-1 所示的是实物正面，图 4-2 所示的是实物反面。

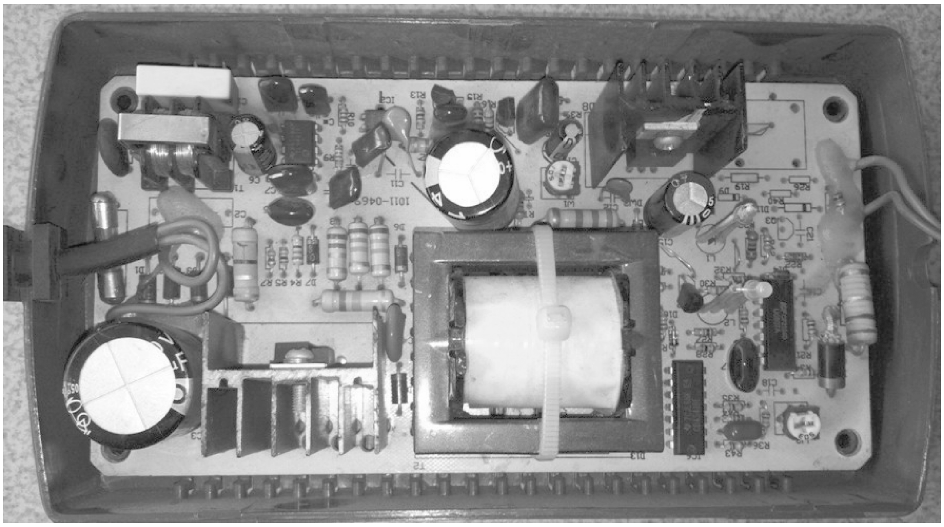


图 4-1 实物正面照片

（一）元器件检测

在拿到元器件和印制板后，先要对元器件进行适当的检测，以避免使用已损坏的或性能不良的元器件而导致电路无法正常工作。本环节主要使用万用表对本电路包括的各类元器件进行检测。普通元器件如电阻、电容、普通二极管、三极管等的检测方法在之前的项目中已做过讨论和操练，这里不再赘述。下面对本电路涉及的特殊器件的检测方法和技巧做一介绍。

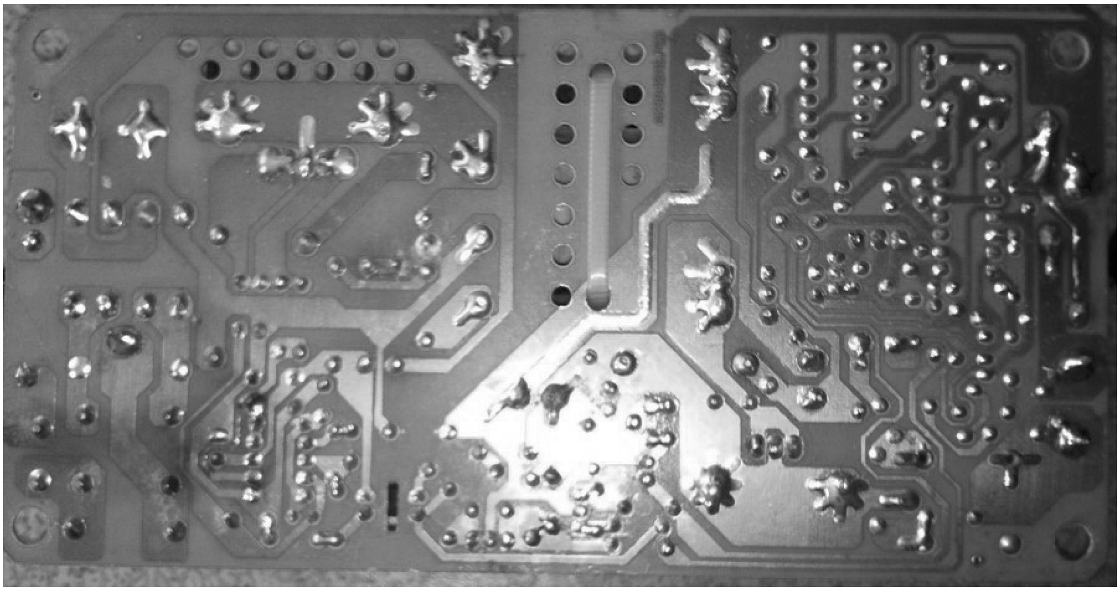


图 4-2 实物反面照片

1. 发光二极管的检测

(1) 正、负极的判别

将发光二极管放在一个光源下，观察两个金属片的大小，通常金属片大的一端为负极，金属片小的一端为正极。

(2) 性能好坏的判断

用万用表 R×10k 挡，测量发光二极管的正、反向电阻值。正常时，正向电阻值（模拟万用表黑表笔接正极时）约为 10～20kΩ，反向电阻值大于 250kΩ 甚至无穷大。较高灵敏度的发光二极管，在测量正向电阻值时，管内会发微光。若用万用表 R×1k 挡测量发光二极管的正、反向电阻值，则会发现其正、反向电阻值均接近无穷大，这是因为发光二极管的正向压降大于 1.6V（高于万用表 R×1k 挡内电池的电压值 1.5V）的缘故。

用万用表的 R×10k 挡对一只 220μF/25V 电解电容器充电（模拟万用表黑表笔接电容器正极，红表笔接电容器负极），再将充电后的电容器正极接发光二极管正极、负极接发光二极管负极，若发光二极管有很亮的闪光，则说明该发光二极管完好。

2. 变压器的检测

(1) 用电阻法检测变压器

第一步，按图 4-3 所示分别测一次、二次绕组的直流电阻。由于变压器绕组均用电阻率小的铜漆包线绕成，所以电阻不大。但是，由于各种变压器线圈匝数的不同，其阻值也有很大区别。这时主要是测试绕组是否断线和大致阻值。

第二步，测“绝缘”，也就是说测量任一绕组与铁芯之间的绝缘电阻；测量任何不连通的两个绕组之间的绝缘电阻；对一次、二次绕组间有屏蔽层与铁芯之间的绝缘电阻。理论上这些绝缘电阻的阻值均应为∞，否则说明存在短路或严重漏电现象，该变压器不能继续使用。

（2）用通电法检测变压器

前面介绍了用测量变压器绝缘电阻的方式来判断变压器的好坏。但变压器最终还是要能正常“变压”才行，下面再介绍一种变压器通电后的检查方法。

将变压器按图 4-4 所示连接到交流 220V 电源上，在空载的情况下，用万用表测量各个二次绕组两端的电压，若所得测量值约高于标定电压的 5%，变压器正常；若所测电压值相差太多，说明该变压器存在匝间短路或匝数不对；若万用表的指针无指示，则说明该变压器的二次绕组已开路，然后再长时间通电（几分钟到十几分钟）应无严重发热现象；如果该变压器一接通电源就有焦味、冒烟或严重发烫，则说明变压器严重短路，不能再继续使用。

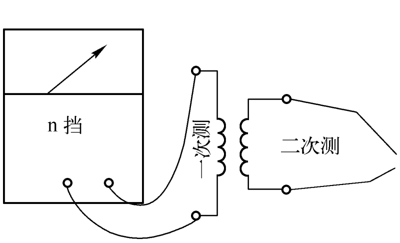


图 4-3　用电阻法检测变压器

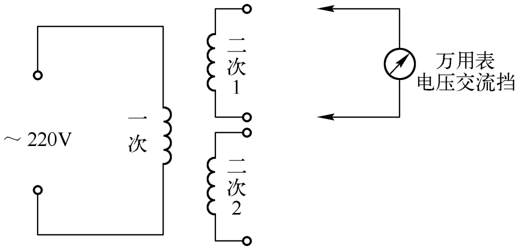


图 4-4　通电判断电源变压器

此外，也可结合验电笔进行检测，检查铁芯和二次线圈时，应与检测相线有不相同的发光程度，即发光较弱或不发光，否则就存在与一次侧短路或严重漏电的情况，这种变压器也不能继续使用。

3. 集成芯片的检测

集成电路的基本检测方法分为在线检测和脱机检测，本任务中选择脱机检测方法，在后续电路的调试与维修任务中宜采用在线检测方法，此处一并做介绍。

（1）脱机检测

这种方法是在 IC 未焊入电路时进行的，一般情况下可用万用表测量各引脚对应于接地引脚之间的正、反向电阻值，并和集成电路各脚间直流电阻的标准值进行比较，从而判断集成电路的好坏。

正常的 TL494 芯片，用万用表欧姆挡测 1 脚 2 脚间、8 脚 9 脚间、10 脚 11 脚间、15 脚 16 脚间的阻值应均为很大的值。

（2）在线检测

这是一种通过万用表检测 IC 各引脚在电路中对地直流电压，与集成电路各脚直流电压的标准值相比较，以此判断集成电路的好坏。有时也可测量引脚的直流电流判别，测电流时注意万用表须拨到直流电流挡并串接在电路中测量。

下面将充电器中常用的 PWM 芯片典型数据做一简单介绍。表 4-1 所示为 PWM 芯片 TL494 引脚典型电压值。

表 4-1　PWM 芯片 TL494 引脚典型电压值

引　脚	符　号	功　能	典型电压/V
1	V1(+)	误差放大器 1 的同相输入端	2.6
2	V1(-)	误差放大器 1 的反相输入端	2.6

续表

引　脚	符　号	功　能	典型电压/V
3	VOUTC	误差放大器1和2输出信号补偿元器件连接端	4
4	CONT	死区控制信号输入端，所加控制电压可调输出脉冲宽度	0.3
5	CT	振荡器外界振荡电容连接端，与6脚外接的电阻一起可产生频率$f=1.1/RC$的锯齿波信号	幅度为0.4～4V的锯齿波
6	RT	振荡器外界振荡电阻连接端	3.7
7	GND	基准电源电路接地线端	0
8	CA	推挽电路输出反相信号端，集电极，输出电压可达40V，电流为200mA	0～15V的PWM波
9	EA	推挽电路输出同相信号端，发射极	0
10	EB	推挽电路输出同相信号端，发射极	0
11	CB	推挽电路输出反相信号端，集电极，输出电压可达40V，电流为200mA	与8脚等幅反相的脉冲波
12	V_{CC}IN	工作电源电压输入端	25
13	OUT CON	输出方式设定信号输入端，该挡脚接基准电压时，输出呈推挽型，输出方波最大占空比为48%；当该脚接地时，内部二个输出晶体管并联工作，输出电流可达400mA，最大占空比为96%	5
14	+5	+5V基准电源输出端	5
15	V2(－)	误差放大器2的反相输入端	5.4
16	V2(+)	误差放大器2的同相输入端	0

在线检测的技巧如下：

① 在线检测各引脚直流电压时，为防止表笔在集成电路各引脚间滑动造成短路，可将万用表的黑表笔与直流电压的“地”端固定连接，方法是“地”端焊接一段带有绝缘层的铜导线，将铜导线的裸露部分缠绕在黑表笔上，放在电路的外面，防止与板上的其他地方连接。这样用一只手握住红表笔，找准与测量集成块的引脚接触好，另一只手可辅助电路板，保证测量时表笔不会滑动。

② 在线检测各引脚直流电流时，可用一把壁纸刀将集成电路的引脚与印制板的铜箔走线之间刻一个小口，将两个表笔搭在端口的两端，这样可以方便地把万用表串在电路中。测量完引脚电流后，再用焊锡将断口连接起来即可。

③ 如果集成块引脚数目较多，较难直接测出集成电路的好坏，可用替换法，即用同型号的集成电路进行替换实验。但需注意，若因负载短路的原因使大电流流过集成芯片造成的损坏，在未排除负载短路故障情况下不能替换检测。

4. 光电耦合器的检测

判断光电耦合器的好坏，可在电路中测量其内部二极管和三极管的正反向电阻来确定，更可靠的检测方法有以下三种。

（1）比较法

拆下怀疑有问题的光电耦合器，用万用表测量其内部二极管、三极管的正反向电阻值，把它与好的光电耦合器对应脚的测量值进行比较，若阻值相差较大，则说明光电耦合器已

损坏。

（2）数字万用表检测法

数字万用表检测光电耦合器电路如图 4-5 所示。检测时将光电耦合器内接二极管的 + 端（1 脚）和 - 端（2 脚）分别插入数字万用表的 h_{fe}的 c、e 插孔内，此时数字万用表应置于 NPN 挡；然后将光电耦合器内接光电三极管 c 极（5 脚）接指针式万用表的黑表笔，e 极（4 脚）接红表笔，并将指针式万用表拨在 R × 1k 挡。这样就能通过指针式万用表指针的偏转角度，来判断光电耦合器的情况。指针向右偏转角度越大，说明光电耦合器的光电转换效率越高，即传输比越高，反之越低；若表针不动，则说明光电耦合器已损坏。

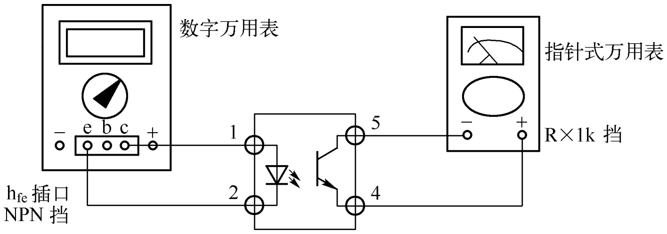


图 4-5　数字万用表检测光电耦合器电路

（3）光电效应判断法

光电效应判断检测光电耦合器电路如图 4-6 所示。将万用表置于 R × 1k 电阻挡，两表笔分别接在光电耦合器的输出端（4、5 脚）；然后用一节 1.5V 的电池与一只 50 ~ 100Ω 的电阻串接后，电池的正极端接光电耦合器的（1 脚），负极端碰接（2 脚），观察接在输出端万用表的指针偏转情况。如果指针摆动，说明光电耦合器是好的，如果不摆动，则说明光电耦合器已损坏。万用表指针摆动偏转角度越大，表明光电转换灵敏度越高。

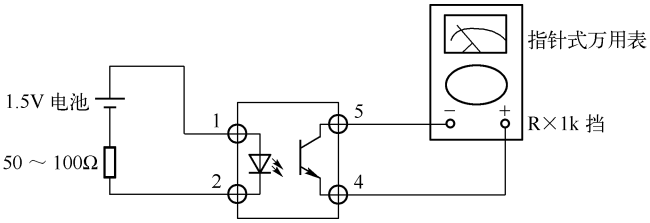


图 4-6　光电效应判断检测光电耦合器电路

5. MOS 管的检测

（1）电极识别

MOS 管都有防静电包装，型号标记牌失掉的现象较少，一般不需利用万用表进行电极判断。对于一个不明型号、包装不好或无包装的 MOS 管，一般均已损坏（其栅极一旦感应很小的电荷，即会产生很高的感应电压将栅极和衬底击穿）。MOS 场效应管引脚和封装参考如图 4-7 所示。

对结型场效应管可由图 4-8 所示的电极排列次序，根据 PN 结正、反向电阻不一样的现象判断漏极 D、源极 S、栅极 G。本项目中未使用结型场效应管，具体检测步骤不再赘述，读者如有兴趣可参阅有关资料或自行思考怎样用万用表 R × 1k 挡判别引脚。

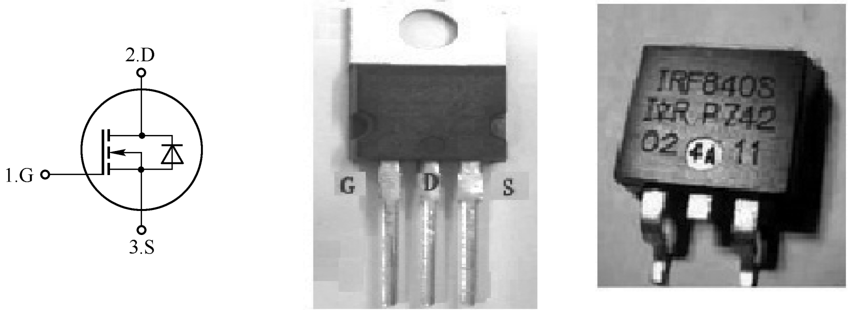


图 4-7　MOS 场效应管引脚和封装参考

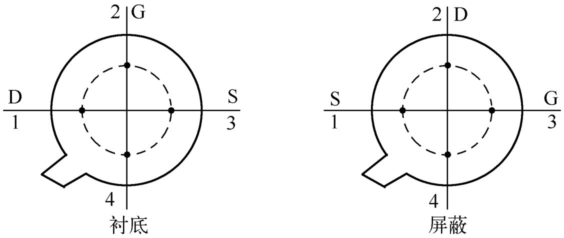


图 4-8　结型场效应管电极排列次序参考

（2）型号判断

万用表打到欧姆挡，黑笔接 S 极，红笔接 D 极，阻值很大；对调表笔测得阻值较小，则为 N 沟道。反之，为 P 沟道。

（3）主要性能测试

将万用表转换开关拨在 R×1k 或 R×100 挡上。对结型场效应管，两支表笔分别接触它的漏极和源极，用手靠近或解除其栅极，此时指针将向右摆动，摆动幅度越大，则放大倍数也越大。检测 MOS 管首先用表笔将 3 个电极同时短路以释放 G 极电荷；用万用表的 R×100 挡测极间电阻，先测 G 与其他两极的电阻均为无穷大，再测漏极与源极间正反向电阻，阻值应一次大一次小。

（4）故障检测

MOS 管的检测主要是判断 MOS 管漏电、短路、断路等问题。测试 MOS 好坏只能用指针式万用表，测试时选择欧姆 R×10k 挡，这时电压可达 10.5V，红笔的电位是负电位，黑笔的电位是正电位。注意，在测量前先要将三个电极短路一下，再释放掉栅极（G）上的电荷，以防管子击穿。

测试步骤：

① 把红笔接到 MOS 管的源极 S 上，黑笔接到 MOS 管的漏极上，此时表针指示应该是无穷大。如果有阻值则被测 MOS 管有漏电现象，管子不能使用。

② 用一只 100～200kΩ 的电阻连在 G 极和 S 极上，然后把红笔接到 S 极，黑笔接到 D 极，这时表针指示阻值越小越好。这是正电荷通过 100kΩ 电阻对 MOS 管的栅极充电，产生栅极电场，形成导电沟道，使漏极、源极导通。故万用表指示阻值越小，表明管子的放电性能越好。

③ 把连接栅极和源极的电阻移开，万用表红黑笔不变，如果移开电阻后表针慢慢退回到高阻或无穷大，则说明该 MOS 管栅极漏电，不变则表明 MOS 管完好。

④ 然后用一根导线把 MOS 管的栅极和源极连接起来，如果指针立即返回无穷大，则 MOS 管完好。

（二）电路元器件焊接

元器件检查之后就可以焊接了。本电路没有使用贴片元器件，手工焊接插孔元器件即可。不过要保证正确、高质、高效地完成本任务，还是有些地方要注意的。

1. 焊接前的准备

PCB 板在焊接元器件前要仔细检查，看其有无短路、断路、金属化过孔不良及是否涂有助焊剂或阻焊剂等。如果不能保证板子质量，在调试中会带来很大麻烦。

2. 焊接元器件的次序选择

建议焊接工序为：先小后大、先轻后重、先里后外、先低后高、先普通后特殊，先焊分立元件后焊集成块，最后焊对外连线。

3. 焊接步骤

烙铁焊接的具体操作步骤可分为五步，称为五步工程法。要获得良好的焊接质量必须严格地按以下顺序操作：准备施焊→加热焊件→熔化焊锡→移开焊锡丝→移开烙铁。在实际生产中，最容易出现的一种违反操作步骤的做法就是烙铁头不是先与被焊件接触，而是先与焊锡丝接触，熔化的焊锡滴落在尚未预热的被焊部位，这样很容易产生焊点虚焊，所以烙铁头必须先与被焊件接触，对被焊件进行预热是防止产生虚焊的重要手段。

4. 几类元器件的焊接要求

（1）电阻器的焊接

按图样将电阻器准确地装入规定位置，要求标记向上，字向一致。装完一种规格再装另一种规格，尽量使电阻器高低一致。焊接后将露在印制电路板表面上多余的引脚齐根剪去。

（2）电容器的焊接

将电容器按图样要求装入规定位置，并注意有极性的电容器其“+”与“-”极不能接错。电容器上的标记方向要容易看得见。先装玻璃釉电容器、金属膜电容器、瓷介电容器，最后装电解电容器。

（3）二极管的焊接

正确辨认正负极后再按要求装入规定位置，型号及标记要容易看得见。焊接立式二极管时，对最短的引脚焊接时，时间不要超过 2s。

（4）三极管的焊接

按要求将 e、b、c 三根引脚装入规定位置。焊接时间应尽可能短，焊接时用镊子夹住引脚，以帮助散热。焊接大功率三极管时，若需要加装散热片，应将接触面平整，打磨光滑后再紧固，若要求加垫绝缘薄膜片时，千万不能忘记引脚与线路板上焊点需要连接时，要用塑料导线。

（5）集成电路的焊接

将集成电路插装在印制线路板上，按照图样要求，检查集成电路的型号、引脚位置是否符合要求。焊接时先焊集成电路边沿的两只引脚，以使其定位，然后从左到右或从上至下进行逐个焊接，考虑安全因素，焊接的顺序应是地端→输出端→电源端→输入端。焊接时，烙铁一次沾取锡量为焊接 2 ~ 3 只引脚的量，烙铁头先接触印制电路的铜箔，待焊锡进入集成

电路引脚底部时，烙铁头再接触引脚，接触时间以不超过 3s 为宜，而且要使焊锡均匀包住引脚。注意：对集成电路尤其是 MOS 集成电路的焊接，焊接的温度、时间掌握不好，会使集成块损毁；如果 CMOS 集成电路已将各引脚短路，焊接前不要拿掉短路线。

5. 焊接后的操作检查

焊接结束后首先要查一下，是否有漏焊、碰焊、虚焊之处，并清理焊点处的焊料。用镊子将每个元器件的引脚轻轻提一提，看是否摇动，若发现摇动，应重新焊接。

然后要检查一下焊点质量，对不符合质量要求的焊点应重新焊。常见焊点缺陷可在焊接课程教材查询，本书不再赘述。

最后要提醒的是，都检查好后，要对焊点进行清洗，以避免酸性焊剂残留物对焊件的腐蚀。

6. 拆焊的注意点

万一检查发现有元器件错焊或是元器件已坏，就需要拆焊了。需要的工具是电烙铁、吸锡器，或者有吸锡烙铁就更好了。

一般电阻、电容、晶体管等引脚不多，且每个引脚相对活动的元器件可以直接拆焊。将印制板竖起来夹住，一边用电烙铁加热待拆元器件的焊点，一边用镊子或尖嘴钳夹住元器件引脚并轻轻拉出。重新焊接时，需先用锥子将焊孔在加热融化焊锡的情况下扎通。需要指出的是这种方法不宜在同一焊点上多次使用，否则易造成印制导线或焊盘脱落，造成印制板损坏。

要拆下有多个引脚且引脚较硬的元器件，应采用专用工具，如吸锡烙铁或吸锡器，并用铜丝编织的屏蔽线电缆或较粗的多股导线作为吸锡材料。

（三）整机装配

完整的电子产品整机装配内容包括电子元器件的工艺准备、印制板的准备、电路板的焊接、整机布线、装配调整、各电路板及机械部分的安装、电路板之间的连接等。各项工作在之前的项目中都有详细的介绍。本项目相对简单，在完成电路板元器件的焊接后，主要做好几项工作：先将电路板上的变压器、晶体管散热片安装加固好；再把已焊上的电路输入输出导线与电路板连接处点胶固化；后将电路板四角的螺丝孔按设计要求与外壳螺丝柱对齐，拧上螺丝固定板子并安装到机架的相应位置上；最后盖上外壳盖子，拧上螺丝，完成组装。

装配时需注意的是：风扇风向朝外；电路板放置时大功率管靠近风扇；引出线卡口要卡于外壳槽口处；机壳 LED 开窗应对准内部 LED 管。

四、练习与思考

1. MOS 管与光电耦合器的引脚识别、检测方法和步骤是怎样的？
2. 元器件焊接的先后次序应如何确定？
3. 哪些元器件以前没焊接过，焊接时要注意什么？
4. 根据自己学校的设备，简述焊接安装的大致流程。

五、拓展训练

编写充电器装配工艺文件。

任务 4–2　充电器原理图识读

在本任务中要对充电器原理图进行剥图、识读、分析。通过本任务，需要掌握以下内容：

- 学习应用目视及万用表检测等由实物板剥取电路原理图；
- 学习开关电源和电池充电器电路的工作原理；
- 培养严谨的做事风格和协作意识。

【重点知识与关键能力要求】

重点知识要求：

- 开关电源基本原理、充电器电路工作原理。

关键能力要求：

- 电路图的识读、分析能力。

一、工作任务描述

我们现已安装好一个电动车电池充电器，接下来要对其进行电路剖析、研究。

【任务要求】

- 由实际电路剥出电路原理图；
- 识读分析充电器电路原理图。

【任务环境】

- 每人配置万用表等工具一套、充电器实物一个；
- 以 2 人为一组，互相协作完成任务。

二、工作任务实施

子任务 1：剥取实物电路原理图。

教师讲解方法以及注意点，学生分组实践。剥取实际电路板上交流输入整流滤波部分的电路图，电路其余部分与一般的放大等控制电路相比，电路组成相对更复杂，暂不作要求。

请思考：你有没有由实际电路剥出电路原理图的经验、技巧？

子任务 2：了解开关电源原理。

教师分析、学生听讲，学生小组讨论，各组问题汇总，教师解答问题、总结。

子任务 3：充电器电路原理图分析。

教师讲解、学生听讲，小组讨论，教师答疑，教师提问，小组成员回答。

请思考：怎么查找芯片资料，怎样读懂器件资料？

三、实施步骤及要点

（一）实物原理图的剥取

实物板到原理图的转换，没有特别固定的方法可循，在掌握基本方法后，有赖于对常用

单元电路的掌握与积累程度，有赖于对实际产品的接触积累，扎实的理论功底可以在绘图中把握总体方向，少走偏路，而经验可以确保细节的处理。

1. 基本方法

确认实际元器件的品种、型号、引脚等信息后，利用目测或借助放大设备观察元器件间连线，必要时可利用万用表欧姆挡检测通路，根据实物板绘成电路原理草图。

梳理草图，让元器件归位，再让电路原理图符合典型结构，这是“实物板到原理图转换”的难点所在。初次做这项工作时，往往会按照 PCB 上的位置一模一样地转画成原理图，这样画成的电路原理图可能会变成一本即使有丰富经验的工程师都读不懂的“天书”。

2. 小窍门

拿到一块实物板后，分析这块板的结构，辨识主要元器件，初步理清电路走向。可从以下几个方面入手。

（1）寻找电源输入接口

电路内部的电源供给线可以从以下两个方面进行查找，一个方面是找板中较大的电解电容。一般情况下，最大的电解电容是电源的去耦电容（或称退耦电容），而且旁边一般并联一个高频电容（如 10^4 等），这是电路设计的通法。另外电源和地线有一个特点，往往比较粗，这也是寻找电源的一个重要途径。确定电源后，可以将与电源相接的电阻和电容在原理图中垂直放置，符合电路的习惯画法。

（2）寻找输入端、输出端

根据电路板的布局和整体结构以及所了解的功能，确定输出端、输入端。芯片的输入、输出引脚也是寻找输入端、输出端的重要依据。确定了输出端、输入端后，也就大致可以确定电路中信号的走向。

（3）寻找信号线

一般的控制电路总是存在信号的传递，寻找信号传递的路径对整个图样的完成也是关键所在，有了信号传递路线，电路的整个结构和框架就基本形成，而且不会走样，信号线的寻找要从输入端开始。

图 4-9 中标出了充电器实物板主要元器件。

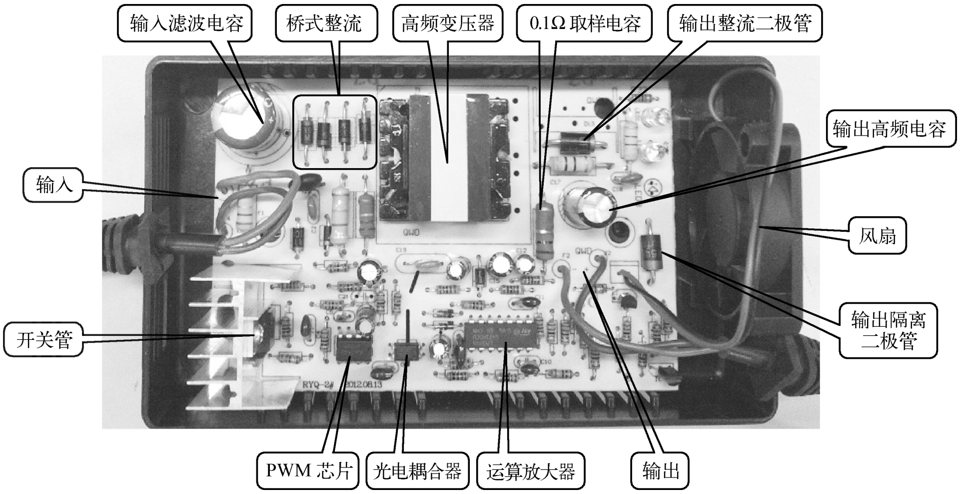


图 4-9　充电器实物板主要元器件

3. 本任务辅导

交流输入整流滤波部分的电路参考图如图 4-10 所示。

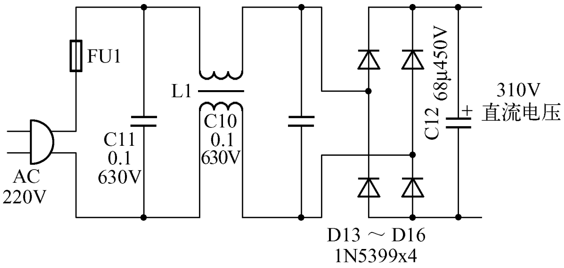


图 4-10 交流输入整流滤波部分的电路参考图

（二）电路原理图识读与分析

1. 知识准备

（1）开关电源组成框图及基本原理

开关电源组成框图如图 4-11 所示。与线性电源不同的是，PWM 开关电源是让功率晶体管工作在导通和关断的状态，在这两种状态中，加在功率晶体管上的伏安乘积是很小的（在导通时，电压低，电流大；关断时，电压高，电流小），功率器件上的伏安乘积就是功率半导体器件上所产生的损耗。

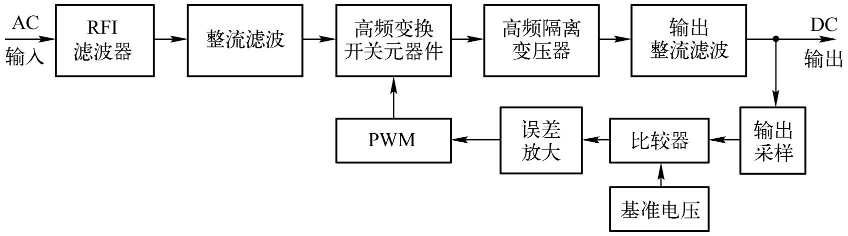


图 4-11 开关电源组成框图

与线性电源相比，PWM 开关电源更为有效的工作过程是通过“斩波”，即把输入的直流电压斩成幅值等于输入电压幅值的脉冲电压来实现的，斩波后交流信号再经过整流滤波后就得到直流输出电压。脉冲的占空比由开关电源的控制器来调节，通过控制调节脉冲的占空比可改变输出电压的值。通过增加变压器的二次绕组数就可以增加输出的电压组数。

（2）开关电源型智能充电器

电动自行车充电器在构成上与开关电源接近，由脉宽调制驱动控制器、开关变压器和充电驱动电路构成。电动车充电器实际上就是一个开关电源加上一个检测电路，本充电器采用恒压、限流和在浮充时采取变压、变流保持的方式，提高充电效率，具有过充、过流、短路保护等功能，电池充满后自动转入浮充状态。

（3）主要芯片

① TL494。PWM 芯片 TL494 是一个固定频率的脉冲宽度调制电路，内置了线性锯齿波振荡器，振荡频率可以通过外部的一个电阻和一个电容进行调节，其计算公式为：

$$f_{osc} = 1.1/R_T C_T$$

TL494 集成了全部的脉宽调制电路、片内置线性锯齿波振荡器、外置振荡元器件、内置误差放大器、内置 5V 参考基准电压源、可调整死区时间、内置功率晶体管可提供 500mA 的驱动能力、推或拉两种输出方式。TL494 芯片引脚和内部结构如图 4-12 和图 4-13 所示。

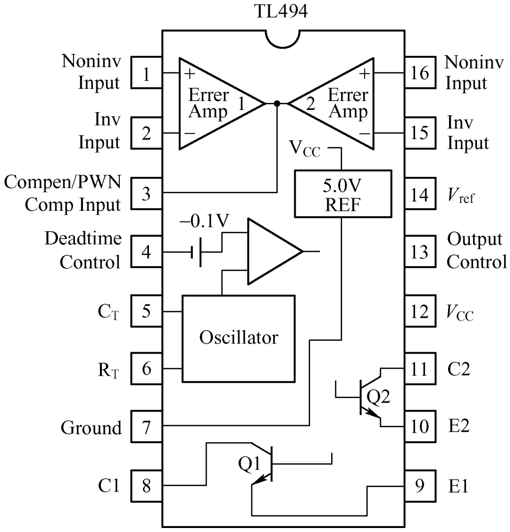


图 4-12　TL494 芯片引脚图

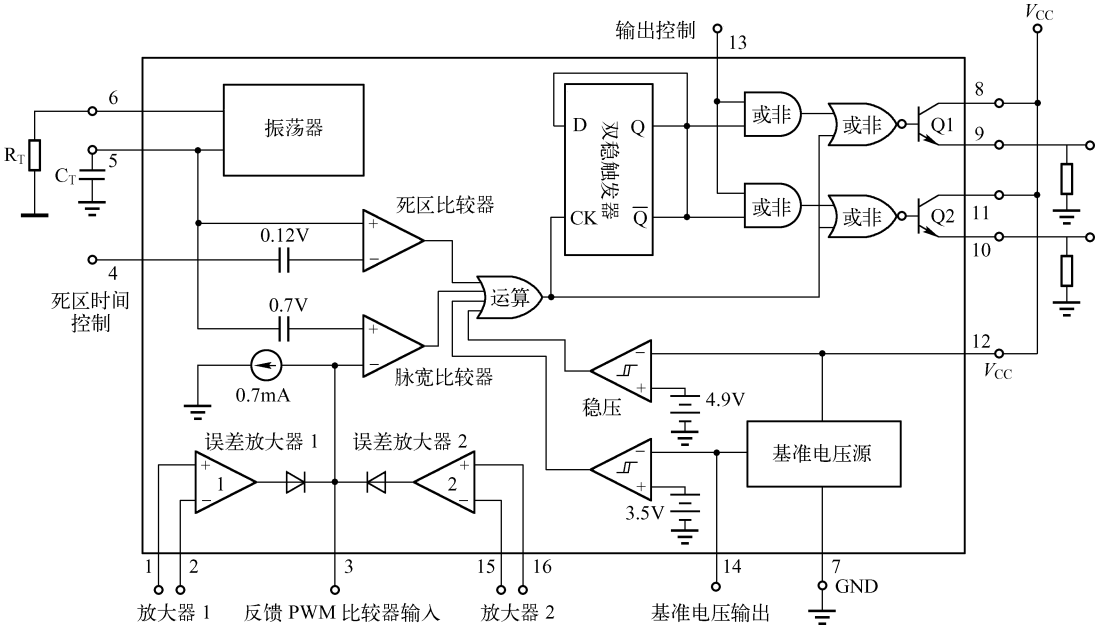


图 4-13　TL494 内部结构示意图

由图 4-13 可知，第 14 脚是 +5V 基准电压输出端。第 13 脚为输出方式控制端，该脚接低电平时为单端输出方式，接高电平时，为双端输出方式。第 4 脚为死区电压控制端，该脚电压决定死区时间。电位升高，死区时间延长，输出脉宽变窄，当电压大于锯齿波电压时，输出脉宽将变得很窄，甚至停振。凡输出端采用全桥或半桥式的开关电路，都要正确设置死区时间，以免两个开关管同时导通，发生电源短路的危险。第 1、2 脚和第 16、15 脚

是 IC1 内部的两个电压比较器的正、反相输入端，一般分别用作输出电压取样和输出电流取样。

图 4-14 和图 4-15 所示的是 TL494 的简单应用电路，读者可参看芯片引脚功能自行对照观察。

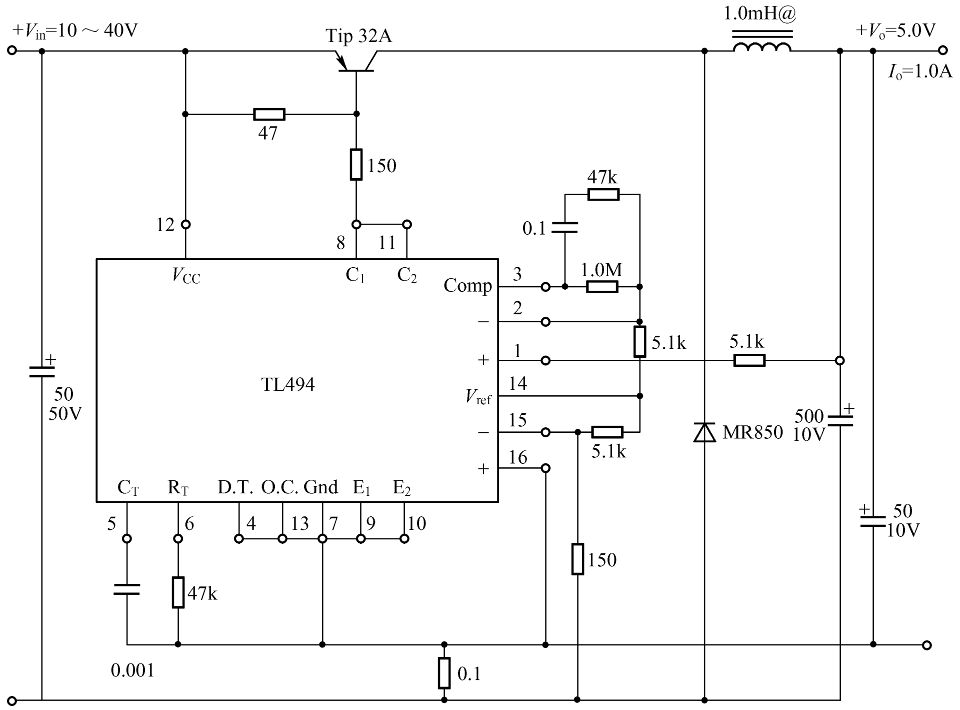
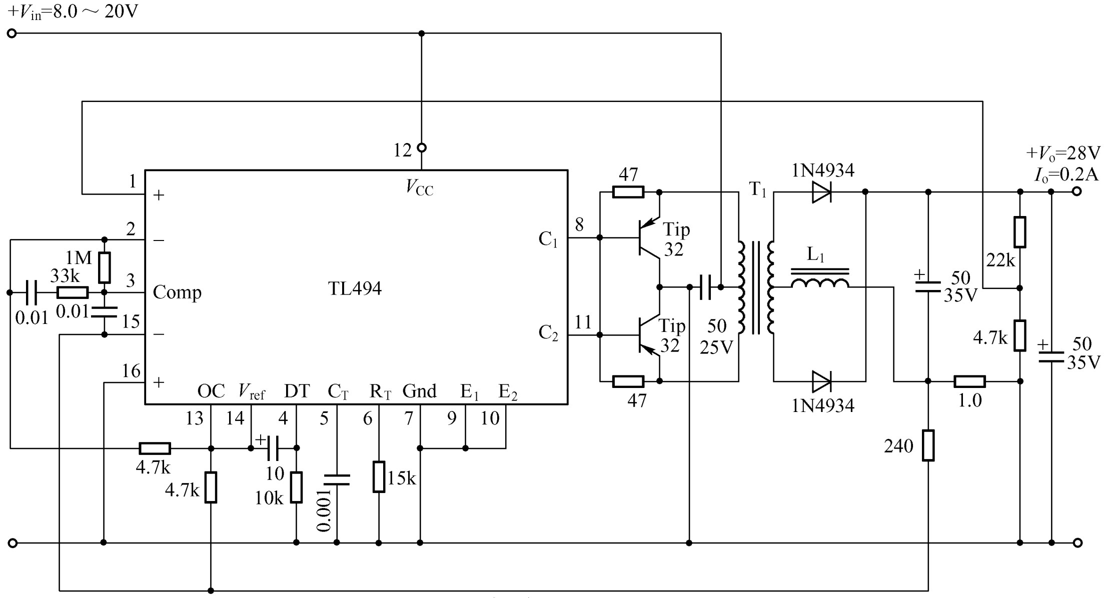


图 4-14　TL494 的简单应用电路 1



AI cqpaclors in μF

图 4-15　TL494 的简单应用电路 2

② LM358。LM358 内部包括有两个独立的、高增益的、内部频率补偿的双运算放大器，适合于电源电压范围很宽的单电源使用，也适用于双电源工作模式，在推荐的工作条件下，电源电流与电源电压无关。LM358 引脚图如图 4-16 所示。

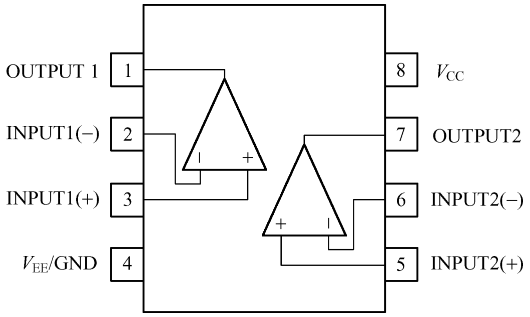


图 4-16　LM358 引脚图

2. 原理图分析

整机可分为交流输入电路、功率开关变换电路、充电状态指示电路和 PWM 产生和推动电路四个部分。完整的 48V 充电器电路原理图如图 4-17 所示，现在来看看这个电路是怎么工作的。

（1）交流输入电路

220V 市电经 C11、L1、C10 高频扼流电路、D13 ~ D16 桥式整流、C12 滤波，取得约 +310V电压，向功率开关变换电路供电。

（2）功率开关变换电路

V3、V4 两个开关管串联接在 +310V 供电电压和地之间，V3、V4、T1 等组成半桥式变换器，V3、V4 在调宽脉冲的作用下，轮流导通和截止，将 +310V 直流转换为高频交流电。V3、V4 在开始通电即形成较弱的自激振荡，信号由 T1 的 N3 耦合至 T2 的 N1。在 V3、V4 交替导通和截止的过程中感生电动势，一方面通过 T1 的 N3 的回授维持变换器的振荡；另一方面经 N4、N5 输出；第三方面 T2 的 N1 将电磁能耦合至 T2 的 N2 和 N3，经 D9、D10 全波整流，C5 滤波后得到 20V 电压，此电压给 IC1 和 IC2 供电的同时使 12V 风扇电机旋转，给机内风冷。

正常工作时，功率开关变换电路 T1 会从 N4 绕组耦合输入由 PWM 芯片送来的脉宽随输出波动自动变化的一对振幅脉冲，在外部脉冲的激励下，功率变换电路输出脉冲占空比改变，进而改变输出电压电流值。这一过程由电路中的负反馈系统自动完成，由于负反馈的作用，使电路输出能保持基本稳定。

R8、R9、R7、R6、R3、R5 是 V3、V4 管的启动电阻，在开机瞬间向 V3、V4 基极提供激励电流，使电路自激启动。C8、D8、R10 和 C7、D9、R4 构成加速网络。D7、D8 为保护二极管。C6、R17 组成尖峰吸收电路。

（3）输出整流滤波电路

当前级功率变换电路正常工作时，变压器 T2 的 N4、N5 绕组上感应得到高频（约 50kHz）的交流信号。再经 V5 整流，L2、C14 滤波得到约 59V 的直流电压输出。当在 X2 接上被充电电池组（48V）时，能对电池进行充电。

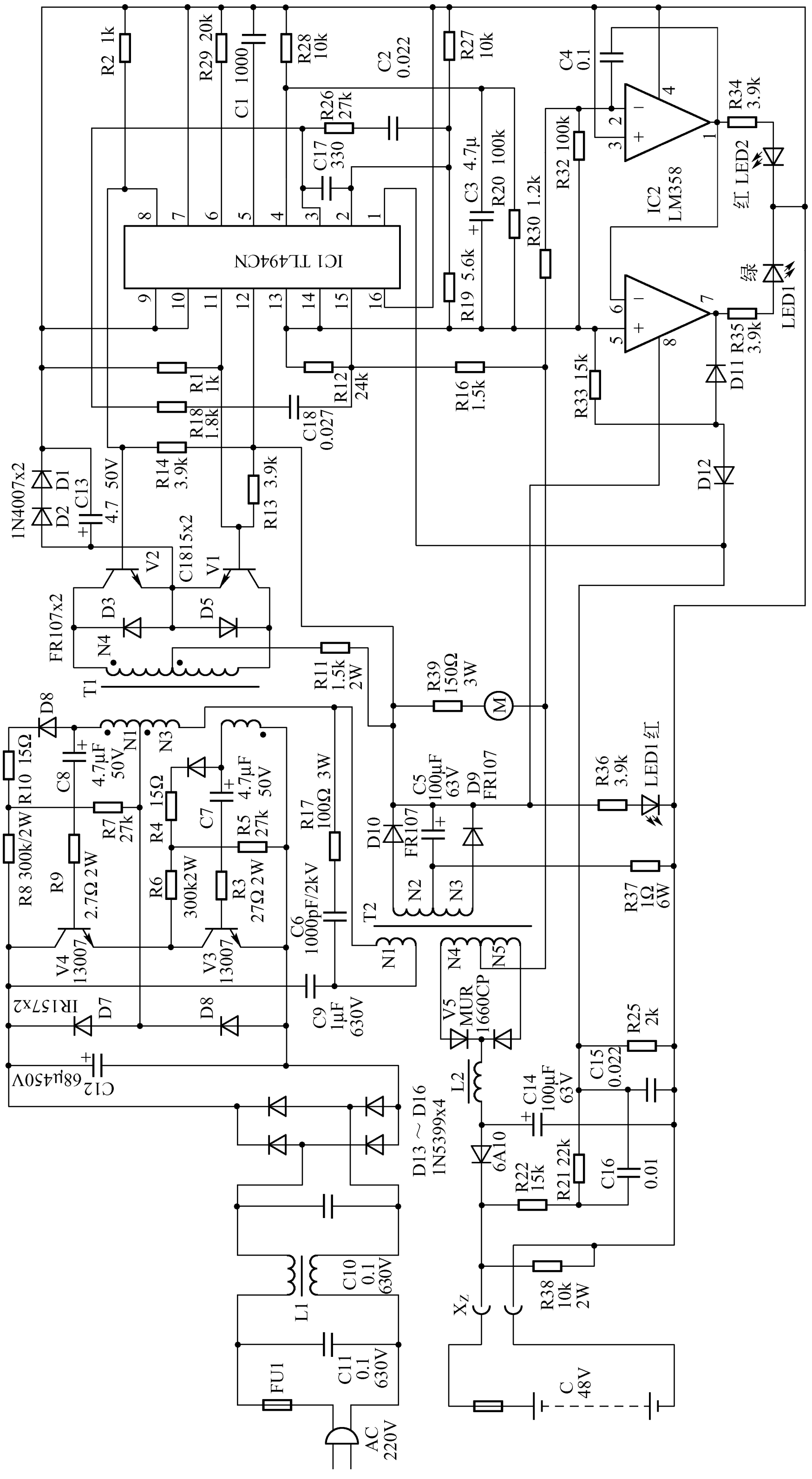


图 4-17　48V 充电器电路原理图

(4) PWM 产生和驱动电路

PWM 产生电路由 IC1TL494 和外围元件构成，驱动电路由 V1、V2 等元器件构成。

驱动对管 V1 和 V2 的基极与 PWM 芯片的 1 脚和 8 脚相连接，受芯片输出反极性的脉冲控制，两管处于交替开关工作状态，输出脉冲在 T1 的 N4 绕组上产生较大感应电动势，以驱动功率开关管 V3、V4 工作。当芯片输出的正负脉冲宽度有变化时，V1、V2 进而 V3、V4 的开关时间就受其影响，最终 V3、V4 两管推挽输出的脉冲占空比就发生变化，输出直流电压跟着发生变化。图中 D1、D2、C13 用以抬高 V1、V2 射极的电位，以使其截止可靠。

IC1 第 12 脚得到 20V 直流供电，并在 IC1 内部建立起 5V 基准电压，此电压经 C3 给 IC1 的 4 脚以高电平，当 C3 充电结束，使 4 脚复位为低电平时，由 IC1 的 5、6 脚和 C1、R29 组成的振荡电路起振。从 8、1 脚分别输出相位相差 180°的激励脉冲，分别激励 V1、V2 导通和截止，经 T1 的 N4、N5 中建立的高频电磁势，耦合到 T1 的 N1、N2 进一步增强对 V3、V4 的激励，形成强烈的他激振荡，进而经 T1 的 N3、T2 的 N1 形成强电动势，在 T2 的 N2、N1 感应稳定的电压，T2 的 N4、N5 输出的电压经高频对管 V5 全波整流，再经 L2 高频扼流、二极管（6A10）输出。

IC1 第 5、6 脚外接的 C1、R29 是定时元件，决定锯齿波振荡器的振荡频率，$f = 1.1/RC$，按图中数值约为 55kHz。电路中 R20（100kΩ）和 R28（10kΩ）分压，加至 IC1 的 4 脚，设置了一个死区控制电位，以设定占空比。也可以说使 8 脚、11 脚输出的激励脉冲之间形成一段静止区，以使 V1、V2 在导通/截止的交越瞬间不致发生同时导通。

(5) 充电指示和过流保护

充电指示电路由 IC2、LED1、LED2、LED3 等元器件组成。

加入市电，当输入整流滤波、PWM 产生驱动、功率开关电路均正常工作时，C5 两端有直流电压，此直流电压使 LED3 正偏导通，二极管发光指示处于通电状态。同时电池充电电流会有一部分从地流经 R37，在 R37 上建立一个对地负电压，充电电流越大，电位越负，正常充电时电位为 -2V 左右。此负电压经 R30 加至 IC2 的 2 脚，使 1 脚输出高电平，LED2 的红色指示灯亮，表示正在充电；同时 6 脚电位高于 5 脚，7 脚输出低电平，LED1 不亮。

当充电完成，T2 的 N4、N5 输出电流转为涓流，维持浮充电状态，在 R37 上的压降（负电压）减小，IC1 的基准电压使 IC2 的 2 脚呈正电位，使 1 脚输出低电平（LED2 熄灭），并使 7 脚输出高电平，LED2 绿灯亮，表示充电阶段结束，进行浮充电阶段。

(6) 反馈控制电路

① 电压反馈。输出电压经 R22、R21、R25 分压，R25（2kΩ）上的取样电压送到 IC1 的 1 脚。反馈过程如下：

输出电压↑→V1↑→IC1 输出脉冲宽度↓（片内比较器 1 动作）→V1、V2、V3、V4 导通时间↓→输出电压↓（充电电流↓）

电压负反馈保证了充电期间为恒压充电。而当充电电池电压逐渐升高到接近设定的 59V 额定电压时，取样反馈电压使 IC1 的 1 脚电压超过由 IC1 的 14 脚输出的 5V 基准电压经 R19、R27 分压设定的 2 脚电压（3V）时，将使 IC1 输出的脉冲宽度大大减小。这时，输出电流转为涓流，充电阶段结束，进入浮充电阶段。

② 电流反馈。充电电流取样电阻 R37 上的负电压还经 R16 传输至 IC1 的 15 脚（控制放

大器反相输入端）。反馈过程如下：

充电电流↑（超过2.5A时）→V15↓（为负值）→IC1输出脉冲宽度↓（片内比较器2动作）→V1、V2、V3、V4导通时间↓→输出电压↓→充电电流↓

电流负反馈保护充电器和被充电池，防止过流烧坏。R16是过流保护调试电阻，本电路设为2.5A。

四、练习与思考

1. 如果要调节充电电压值，该调节什么元器件？怎么调？
2. 如果要调节充电电流值，该调节什么元器件？怎么调？

五、拓展训练

（一）PWM芯片为TL3842的36V电动车充电器

这是一种脉冲调制（PWM）式开关电源充电器，具有恒流充电、充电电压监测防过充和涓流充电等功能。

1. 主要技术参数

① 输入电源电压为175～266V（50～60Hz）。

② 输出电压：44.3V±0.3V。

③ 输出电流（视电池容量不同）：1.8～2A。若被充电池容量为12Ah，则充电时间约为9h。

④ 充电效率约为88%。

2. 器件芯片知识

（1）光耦4N35

光耦（光电耦合器）是20世纪70年代发展起来的新型器件，现已广泛用于电气绝缘、电平转换、级间耦合、驱动电路、开关电路、斩波器、多谐振荡器、信号隔离、级间隔离、脉冲放大电路、数字仪表、远距离信号传输、脉冲放大、固态继电器（SSR）、仪器仪表、通信设备及微机接口中。在单片开关电源中，利用线性光电耦合器可构成光耦反馈电路，通过调节控制端电流来改变占空比，以达到精密稳压目的。光电耦合器的主要优点是：信号单向传输，输入端与输出端完全实现电气隔离，输出信号对输入端无影响，抗干扰能力强，工作稳定，无触点，使用寿命长，传输效率高。

本电路中光耦4N35完成负反馈通路，以稳定输出。光电耦合器引脚和内部等效原理图如图4-18所示。

（2）TL3842芯片

图4-19所示的是TL3842芯片引脚图，现对其各引脚介绍如下。

1脚COMP，是内部误差放大器的输出端，通常此脚与2脚之间接有反馈网络，以确定误差放大器的增益和频响。

2脚V_{FB}，是反馈电压输入端，此脚与内部误差放大器同向输入端的基准电压（一般为+2.5V）进行比较，产生控制电压，以控制脉冲的宽度。

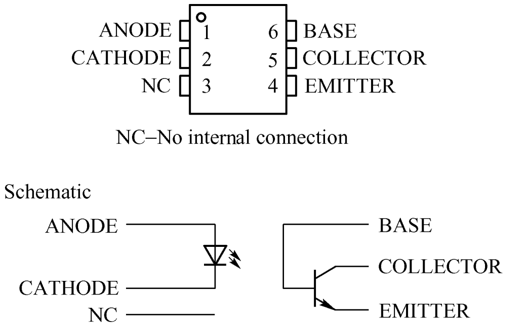


图 4-18　光电耦合器引脚和内部等效原理图

1、2 脚—LED 的正极与负极；3 脚—空脚；4 脚—三极管的发射极；5 脚—集电极；6 脚—基极

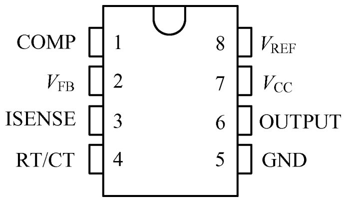


图 4-19　TL3842 芯片引脚图

3 脚 ISENSE，是电流传感端。在外围电路中，在功率开关管（如 VMOS 管）的源极串接一个小阻值的取样电阻，将脉冲变压器的电流转换成电压，此电压送入 3 脚，以控制脉宽。此外，当电源电压异常时，功率开关管的电流增大；当取样电阻上的电压超过 1V 时，UC3842 就停止输出，有效地保护了功率开关管。

4 脚 RT/CT，是定时端。锯齿波振荡器外接定时电容 C 和定时电阻 R 的公共端。

5 脚 GND，是接地。

6 脚 OUTPUT，是输出端，此脚为图滕柱式输出，驱动能力是 ±1A。这种图腾柱结构对被驱动的功率管的关断有利，因为当三极管 VT1 截止时，VT2 导通，为功率管关断时提供了低阻抗的反向抽取电流回路，加速功率管的关断。

7 脚 V_{CC}，是电源。当供电电压低于 +16V 时，UC3842 不工作，此时耗电在 1mA 以下。输入电压可以通过一个大阻值电阻将高压降压之后获得。芯片工作后，输入电压可在 +10 ~ +30V 之间波动，低于 +10V 停止工作。工作时耗电约为 15mA，此电流可通过反馈电阻提供。

8 脚 V_{REF}，是基准电压输出，可输出精确的 +5V 基准电压，电流可达 50mA。

UV3842 的电压调整率可达 0.01%，工作频率为 500kHz，启动电流小于 1mA，输入电压为 10 ~ 30V，基准电压为 4.9 ~ 5.1V，工作温度为 0 ~ 70℃，输出电流为 1A。

3. 电路原理

图 4-20 所示的是 36V 充电器电路原理图。市电经 C1、L 共轭抗干扰电路、D1 ~ D4 整流、BT 扼流、C3 滤波后形成 310V 左右直流电压，经启动电阻 R1、R2 加至脉宽调制 IC1（TL3842F）7 脚，IC1 起振，从 6 脚输出激励脉冲，激励 V1（ZRFP750）场效应管，T 初级线圈 N1 有脉冲电流，N2 产生感应电流经 D5、R4 回馈给 IC1 的 7 脚供电，使 IC1 建立稳定的振荡脉冲输出。同时，在 N3 感生的电流经 D7（BYW29）整流、C16 滤波后输出 44V ± 0.3V 充电电压。

当输出端接上被充电池（残余电压为 32V 左右）时，将输出 1.8 ~ 2A 的充电电流，在充电限流/恒流取样电阻 R18（1.5Ω）上的压降大于（TC431）中 2.5V 基准比较电压，使 V3 K 极电位降低，LED2（红）发光，表示正在充电。

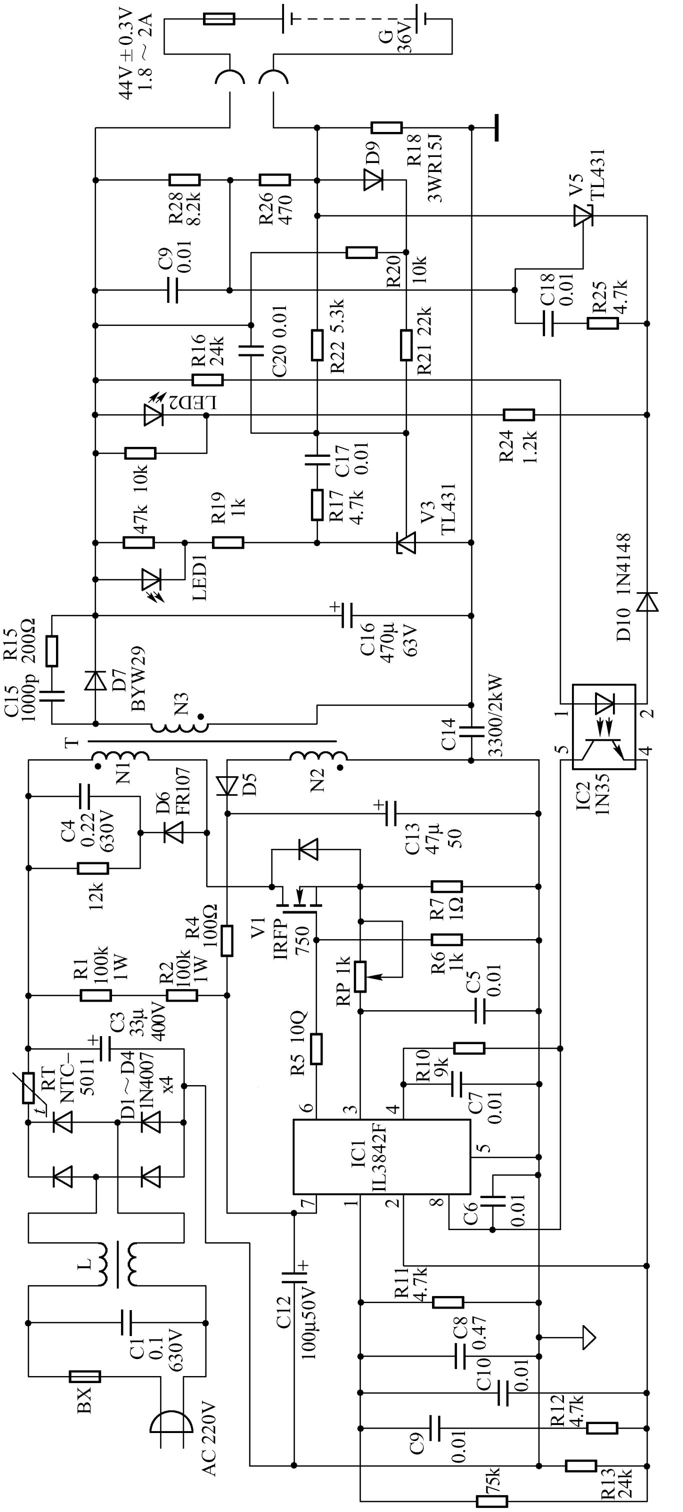


图 4-20　36V 充电器电路原理图

V5、R28、R26、R18 等构成电压监测电路，以保证被充电池不过充。由于开始充电时，被充电池电压较低，而且在 R18 上的恒流充电电压降较大，所以 V5（TC431）的 R 端电压远低于 2.5V，V5 K 极电位较高，LED2（绿）不亮，IC2 的 1、2 脚间电压很小，其 4、5 脚间内阻呈高阻抗，使 IC1 的 2 脚（误差放大器反相输入端）的电位较低；1 脚电位保持不变，所以 6 脚保持输出脉宽较宽且较稳定的激励脉冲，使 T 次级持续输出额定充电电流。随着充电电压上升，当将要达到额定电压（44V）时，由于 V5 的反馈作用，充电电流有所下降，V5 R 极取样电压高于 2.5V，V5 K 极电压立即下降，使 IC2 的 1、2 脚间电压升高，4、5 脚间内阻下降，IC1 的 2、1 脚电压均上升，使 6 脚输出脉冲宽度变窄，T 次级输出电流大大减小。此时，因 R18 上的电流减小，压降变低，V3 K 极电位升高，LED1 熄灭；与此同时 LED2 因 V5 K 极电位降低而点亮，表示电池已充足，恒流充电阶段结束，进入浮充（涓流）阶段。此时，在浮充阶段（约 2h）随时都可取用电池。

（二）PWM 芯片为 TL3842 的 48V 电动车充电器

1. 主要技术参数

（1）输入电源电压为 175～266V（50～60Hz）。

（2）输出电压：55V＋0.3V。

（3）输出电流＝0.15*C*（*C* 为电池容量）。若被充电池容量为 12Ah，则初充电流约为 1.8A。

2. 器件芯片知识

（1）大功率 MOS 管 4N60

4N60 采用高压 DMOS 工艺，4A 工作电流，600V 耐压，$R_{DS(on)}=2.5\Omega$，具有快速开关能力，最大结温 150℃。封装形式 TO－220/TO－220F，MOS 管封装、引脚如图 4-21 所示。

（2）线性光耦 PC817

线性光耦 PC817 由一红外发光二极管和一个光敏三极管组成，线性光耦 PC817 的特点是能传输连续变化的模拟电压或电流。在本电路中 PC817 起到反馈和隔离两重作用。图 4-22 为线性光耦 PC817 引脚示意图。

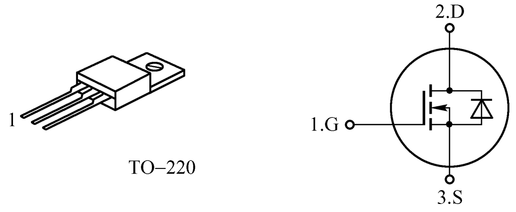


图 4-21　MOS 管封装、引脚

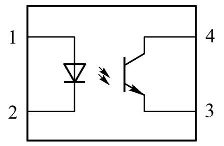


图 4-22　线性光耦 PC817 引脚示意图

1—阳极；2—阴极；3—发射极；4—集电极

（3）可编程精密参考 TL431

可编程精密参考 TL431 是一个有良好的热稳定性能的三端可调分流基准源，其输出电压用两个电阻就可以任意地设置到从 V_{ref}（为 2.5V）到 36V 范围内的任何值。

图 4-23 所示为 TL431 电路符号和内部示意框图，示意图不是 TL431 的实际内部结构，但可用于分析理解电路。由图可以看到，VI 是一个内部的 2.5V 的基准源，接在运算放大器

的反向输入端。由运算放大器的特性可知，只有当 R 端（同向端）的电压非常接近 VI（2.5V）时，三极管中才会有一个稳定的非饱和电流通过，而且随着 R 端电压的微小变化，通过三极管的电流将从 1 到 100mA 变化。

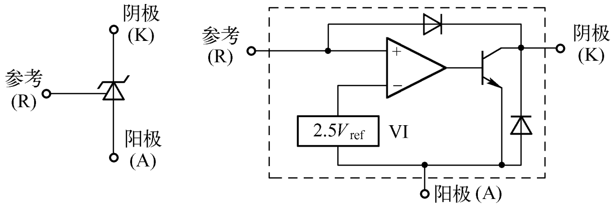


图 4-23　TL431 电路符号和内部示意框图

图 4-24 所示为 TL431 的不同封装形式。本电路中使用的为图 4-24（a）所示的 TO－92 封装。

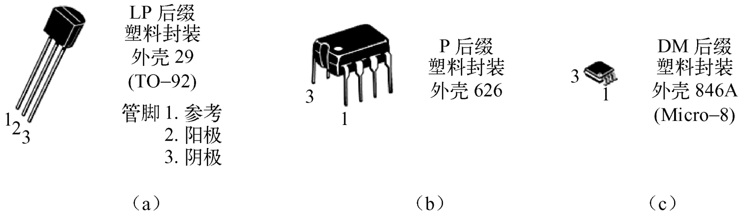


图 4-24　TL431 的封装

TL431 可等效为一只稳压二极管，其基本连接方法如图 4-25 所示。图 4-25（a）可做 2.5V 基准源，图 4-25（b）可作为可调基准源，电阻 R_2 和 R_3 与输出电压的关系为 $U_o = 2.5(1 + R_2/R_3)$ V。

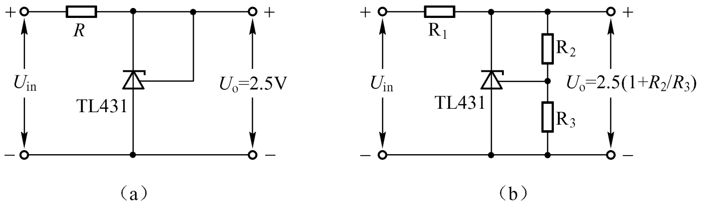


图 4-25　TL431 基本连接方法

3. 电路原理

图 4-26 所示为 3842－48V 充电器电路原理图。220V 交流市电经 D1～D4、C01 整流滤波变为约 300V 直流电压，PWM 芯片 3842 的 6 脚输出宽度受控的脉冲信号，控制开关管 Q1 的通断，由 Q1 的通断进而控制脉冲变压器 T1 上的脉冲，在变压器次级端再经输出整流滤波 D16、C017、R34 等元件变为 55～59V 直流电压输出。D14 为输出隔离二极管，D1 为电源指示 LED。R33 为充电电流取样电阻，R24、R25、R28、R15 等为输出电压取样反馈电路，反馈信号经 D8、D9 送至光电耦合器，经光电耦合器再反馈送至 PWM 芯片相应引脚。在恒流充电过程中，当电池上充电电流较大时，R33 上电位高，LM324 的 7 脚输出低，光电耦合器中二极管上电流大，内部三极管上耦合感应电流大，此电流流向 3842 芯片 2 脚，使 2 脚电位抬升，6 脚输出脉冲宽度 T_p 减小，输出直流电压下降，充电电流恒定。在恒压充电过程中，当输出电压较大时，R15 上的取样反馈电压高，LM324 的 8 脚输出低，光电耦合器中二极管的电流大，内部三极管中耦合感应电流大，此电流流向 3842 芯片 2 脚，使 2 脚电位抬升，6 脚输出脉冲宽度 T_p 减小，输出直流电压下降，充电电压恒定。

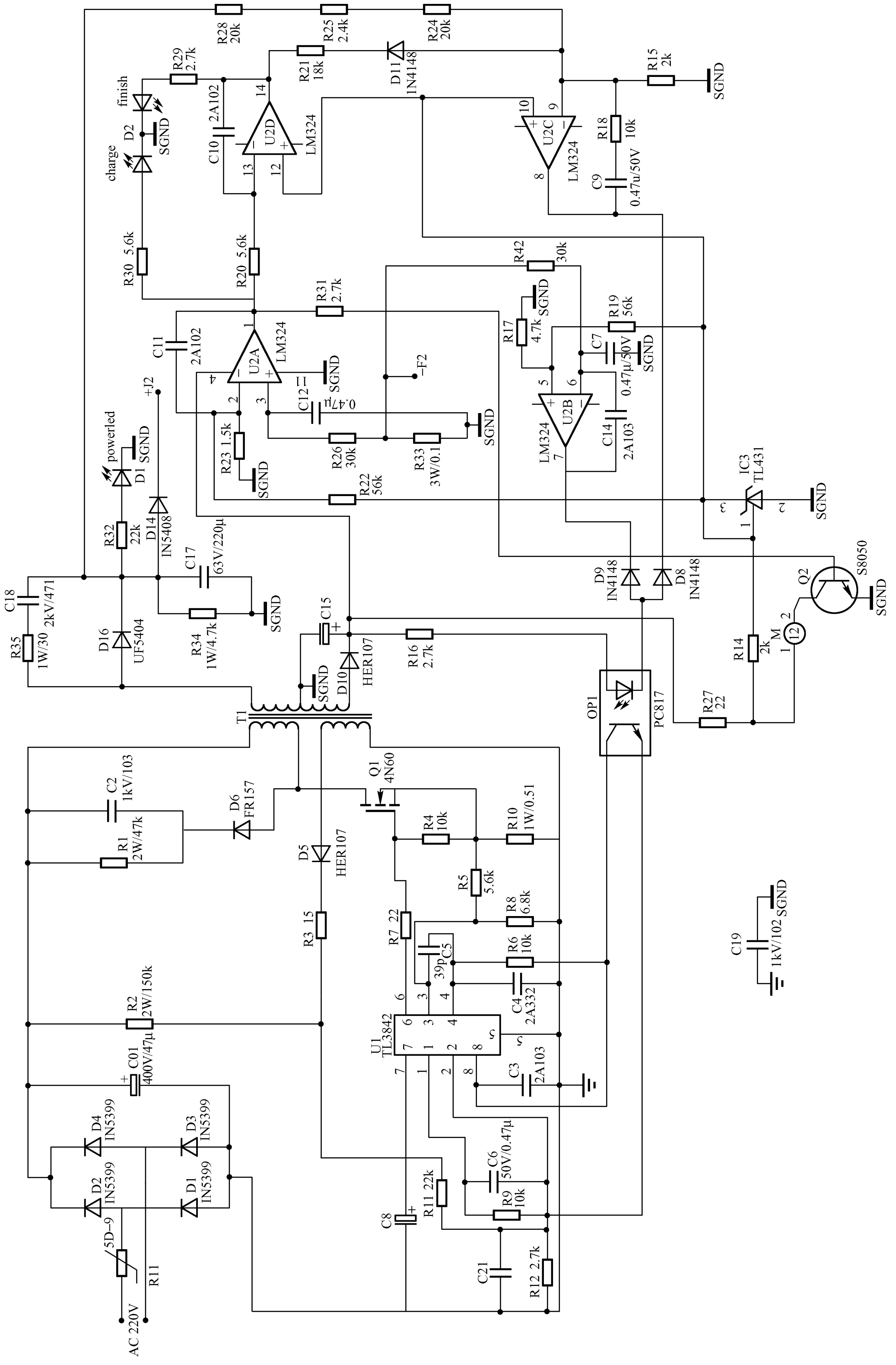


图 4-26 3842-48V 充电器电路原理图

电路中脉冲变压器次级经 D10 整流 C15 滤波形成 5V 直流电压给 U2（运放 LM324）、风扇 M 供电。TL431 作为 2.5V 基准电压提供给运放作比较信号。D2 为三端双色二极管，分别指示充电阶段及涓流阶段。

充电器正常工作情况如下：初充电电流 2～2.5A，C17 上输出电压约 55V，电流取样电阻 R33 上的压降约 0.2V，LM324 的 1 脚输出高电平，充电指示灯点亮。随着时间推移，充电电流逐渐下降，当蓄电池初充满电时，充电电流下降至 400mA，取样电阻 R33 上的压降约 0.04V，LM324 的 1 脚变为低电平，通过 R20 送往 13 脚电压同时下降，LM324 的 14 脚输出翻转电压 5V，充满指示灯点亮，指示蓄电池初充满点，进入浮充阶段。

充电器输出电压电流调节方法为：增大 R33 阻值可减小输出电流，增大 R15 阻值可减小输出电压。

任务 4-3　充电器调试与维修

在本任务中要完成充电器电路的调试，并针对故障进行检测、维修。通过本任务，需要掌握以下内容：

- 通过相关点的电压和波形测试，有序地完成充电器电路的调试；
- 在理解电路工作原理的基础上，能对故障进行针对性检测、维修；
- 培养安全、正确操作仪器的习惯，严谨的做事风格和协作意识。

【重点知识与关键能力要求】

重点知识要求：

- 充电器电路调试、检修的步骤、方案的制订。

关键能力要求：

- 电路故障的检测、维修能力。

一、工作任务描述

对已安装好的电动车电池充电器进行调试和维修。

【任务要求】

- 制定调试方案并实施；
- 故障的检测、维修。

【任务环境】

- 每人配置万用表、示波器等仪器工具、充电器实物各一个；
- 以 2 人为一组，互相协作完成任务。

二、工作任务实施

子任务 1：上电调试。

使用万用表、示波器等仪器测量若干点电压和波形，调节相关元器件使电路达到正常功

能状态。分组讨论确定调试方案，各组实践试验，教师巡视辅导。

请思考：一般整机调试的程序是怎么样的？这个产品要测哪些指标？哪些元器件可调节？示波器和万用表在电路上电时检测的注意点是什么？

子任务 2：典型故障检修。

教师提出并简析典型故障，小组讨论检修方案，各组方案比较，教师总结优化，设置故障，各组检修。

请思考：怎样根据电路原理分析故障可能部位，合理选择仪器并确定检修步骤和测试点。

子任务 3：现实故障检修。

教师暗设故障（一块板子一处故障），学生可小组合作或个人独立完成对应故障的实际检修，讨论总结问题。

请思考：怎样通过观察和测试准确判断故障？怎样保证人身安全。

三、实施步骤及要点

（一）整机调试

1. 调试设备配置和调试程序

一般电子整机调试需要配置的仪器设备包括信号源、万用表、示波器和可调稳压电源。本任务无须稳压电源，信号源就是交流市电。

一般电子整机的调试程序如下：

① 通电检查，观察各指示灯、保险、开关、控制系统是否起作用，有无放电、打火、冒烟、异味、过热等现象。如有非正常现象出现，则立即停电检查。

② 电源调试。先空载调试，后加负载调试。

③ 分级分板调试。按照单元电路的顺序，根据调试的需要和方便，分别有序地进行。

④ 整机调整。连接所有部件和印制电路板，整机调整，检查各部分连接，测试总消耗电流和功率。

⑤ 整机性能指标测试。

⑥ 环境试验。温度、湿度、气压、振动、冲击和其他环境试验。

⑦ 整机通电老化。通电老化后，整机各项指标会有一定程度的变化，还需进行参数复调。

在生产企业中，电子整机的调试还需经历样机产品调试和批量产品调试。在各调试过程中，每道工序都有明确的流程与要求，调试人员必须根据调试工艺文件，严格执行各项步骤，以保证产品的质量。本项目中的这款充电器，整机仅一块 PCB 板，组装也较简单。调试步骤和内容都不复杂。

2. 调试任务及实施

（1）前期检查

检查电路有无接错，焊点是否牢固，用万用表“R×1k”挡检查电路输入端、输出端有无短路现象。确认无误后方可通电调试。

（2）通电检查

搭建调试电路如图 4-27 所示。

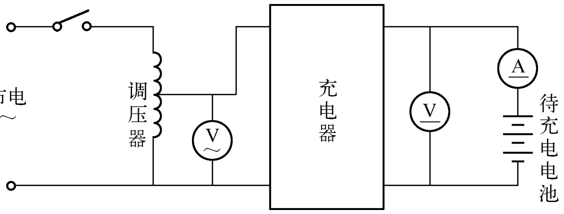


图 4-27　调试电路

① 调节空载输出电压。调节交流输入端调压器，得到 220V 输入电压。负载电池先不接入，测量输出端输出直流电压值，输出电压应在 59V 左右。如空载电压偏离设计值较大，可微调输出取样电阻 R25。如果输出电压偏高，则 R25 阻值要调大一点。

② 测充电电流。正常工作电路处于恒压限流充电模式，充电电流值应小于等于 2.5A。接上额定 48V 待充电电池（最好电池中的电已用较多），串接直流电流表，检测电流值。如电流大于 2.5A，在确认板子工作正常的前提下，可更换充电电流取样电阻 R37，原阻值为 1Ω，建议更换略大于原值的电阻。反之，如充电电流在待充电电池远未充满（电压达到 48V）时，测得电流值很小，则应检查电路工作有无故障。

③ 测输出电压的稳定度。在电网电压波动 10% 的条件下，输出电压的变化量越小越好。本电路要求空载输出电压应在 DC59V ±0.2V 范围内。

④ 纹波电压测量。将示波器 *Y* 轴输入耦合开关置于“AC”挡，适当选择 *Y* 轴灵敏度，观察输出端脉动电压波形，从波形图中读出峰－峰值。纹波电压越小越好，如果所测得的纹波电压大于 200mV，则认为本产品性能不好。

⑤ 效率测试。将总输出功率除以输入有效功率所获得值即为电路的效率，电路效率越高越好，本电路设计效率应不低于 60%。测量输入功率可在图 4-27 基础上在输入端再串接一交流电流表，以估算出输入功率。注意：如要准确测量功率，最好使用功率计，以便将功率因数考虑进去。

⑥ PWM 控制电路测试。用示波器观察 PWM 芯片 TL494 的 8 脚和 11 脚波形，两个波形应为互为反相的矩形脉冲波。读取波形重复频率值，与理论设计值 50kHz 比较，应基本一致。如果偏差较大，检查振荡元件 C1、R29 是否连接正常。

（二）故障检修

1. 知识准备

（1）电路部分维修基本手法

① 目测法。目视检查元器件是否正常，部分器件损坏的特点，电容：比较明显的特征是电容里面包含着一定溶液，在超标工作环境下，电容会发热自爆，有些质量比较差的电容只留下一些细小的碎纸屑。电阻：发热和过载后，会变色或冒烟，也会自爆，炸断或自身一部分飞离。有相同特征器件还包括 MOS 管（功率开关管）、二极管、保险丝、集成块、线路板的铜箔等。

② 电阻法。使用数字万用表，对怀疑部分的电路进行测量，一般使用数字万用表的二

极管挡进行测量，测量电阻前要进行必要的放电，在确认没有插市电的情况下，一一用镊子去短路一些电容，电容放电时会发出火花和声响，然后进行在路阻值测量。例如：对一只不开机的充电器进行检查，从 AC220V 输入线部分开始测量，从输入线、熔断丝、整流二极管、NTC、400V 滤波电容，到变压器、MOS 管、PWM 芯片等。

③ 电压法。学会测量电压是维修的基本技能之一，带电在路测量存在一定的危险性，既有我们自身的安全问题，还有由于操作出现意外损坏充电器的可能性。

④ 代换法。代换就是把一些器件，进行替换，替换的器件可能是新的，或是从一个能正常工作的充电器上面拆下来的。代换比较适合于特定的器件，如电容、集成块等一些可能软性损坏的器件，而对于其他的硬性器件，则没有必要去考虑去代换它，如保险丝，MOS 管等，因为这些器件可用电阻法测量。

⑤ 对比法。所谓的对比法，就是找一个一模一样的或者相似的充电器，并以它作为一个模板，进行比较，多方面地去排除和缩小故障的范围，这其中包括电阻法、电压法、替换法。

在对电路有充分了解前提下，可综合各种方法，使用必要仪器对充电器进行“诊疗”。

（2）充电器正常工作情况

初充电电流 2～2.5A，C14 上输出电压约 59V，IC1 的 12 脚有约 20V 的直流供电，电流取样电阻 R37 上的压降约 2.5V，LM358 的 1 脚输出高电平，红灯点亮。

随着时间的推移，充电电流逐渐下降，当蓄电池初充满电时，充电电流下降至 400mA，取样电阻 R37 上的压降约 0.5V，通过 R30 送往 LM358 的 2 脚电压同时下降，LM358 的 7 脚输出翻转电压 20V，绿灯点亮，指示蓄电池初充满点，进入浮充阶段。

2. 典型故障现象及检修

（1）保险烧断、玻璃管内壁发黑或炸裂

此现象说明电路有严重短路之处，可从电源输入端入手。检测 C12 上电压，若无 310V 电压，则多数为 V3、V4、C12 或 D13～D16 中发生短路。

首先检查由 4 只二极管构成的全桥整流电路，检测二极管的正向压降，正常数值约为 0.5～0.8V。接着检查两只大功率三极管，测量时一般测量并判断它的两个 PN 结的好坏，就可基本上测量出它的好坏，正常数值在 0.5～0.8V 之间。

随后检查滤波电容 C12、开关管 V3～V4 等元器件。有多个元器件同时击穿时，可用万用表电阻挡在路找出故障元器件。

（2）无充电电压输出，连空载时也无输出

此故障的检修重点在电源输入和变换部分。

① 首先测 C12 上有无 310V 直流电压，如无再检测输入整流滤波电路，如 FV1 熔断；如 FV1 未熔断，则多为电源回路的 L1、D13～D16 开路。如 C12 上有 310V 直流电压，则多数为 V3、V4 变换部分未起振。

② 检测推挽式双开关管部分。如发现 V3、V4 被烧毁，更换 V3、V4 后不能马上试机，还要检查尖峰吸收电容 C6 及 310V 滤波电容 C12 是否断脚漏液，C7、C8 是否鼓肚漏液，R3、R8 是否开路，+59V 整流管 V5、V6 是否短路。如果是雷击或 300V 跳火至 25V 电路，还需更换 LM358 、TL494，而不必测量其是否损坏。

如未发现 V3、V4 烧毁，则用数字万用表测 V3、V4，基极对发射极之间应有 -0.3V 左右的电压，否则未起振。此时，应查 T1 的 N1、N2 及偏置电路元件有无虚焊、脱焊、失效

等；若已起振，则为 T1 的 N3、T2 的 N1、C9 回路开路。可重点检查启动电阻 R7、R8、R9、R3、R5、R6 有无断路，V3、V4 基极回路元件 D8、R10、C8、D9、R4、C7 有无损坏。

（3）充电电压很低，但空载有电压输出

此现象表明电源输入和变换部分正常，故障发生在他激部分。此时测 C5 有无 20V 电压，若无，则是 D10、D9 及 N2、N3 回路不通，或 D10、D9 之一发生短路。如有 20V 电压，可能为 IC1 不良导致不起振；过流、过压取样电路失去取样电压；C3 漏电严重等导致他激脉冲很窄甚至无他激脉冲。

检测 IC1 可外接电源，用示波器测 IC1 的 8 脚和 11 脚应测得正常方波，5 脚应有正常的锯齿波形，当测其无波形或波形不正常时，若各脚电压正常，应更换 IC1。

表 4-2 和图 4-28、图 4-29 分别列出在外接 +15V 稳压电源、+44V 输出端空载条件下 IC1、IC2 各脚对地电压值和关键点波形图，供检修参考。IC1 的 14 脚（+5V 基准电压）若不正常，IC1 的 13、2、4 脚电压都会不正常，IC2 有关引脚电压也会不正常。断开 IC1 的 14 脚外电路后，若各脚电压仍不正常，则可判定 IC1 损坏。

表 4-2 芯片引脚典型电压参考 单位：V

IC \ 引脚	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IC1	0.53	3.20	0.6	0.46	1.48	3.67	0	1.54	0	0	1.54	14.6	5.00	5.00	0.17	0
IC2	-0.03	0.05	0	0	5.00	-0.01	13.1	14.6								

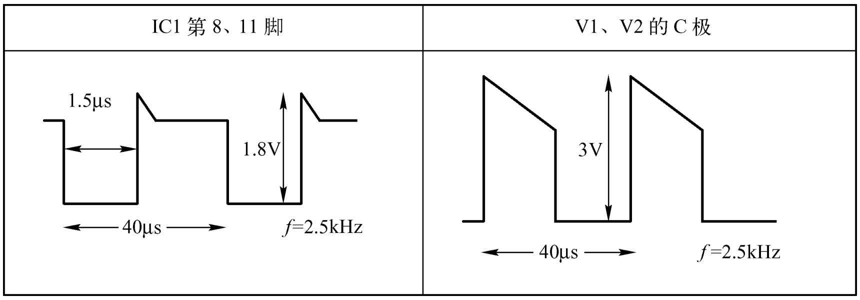


图 4-28 测试波形参考 1

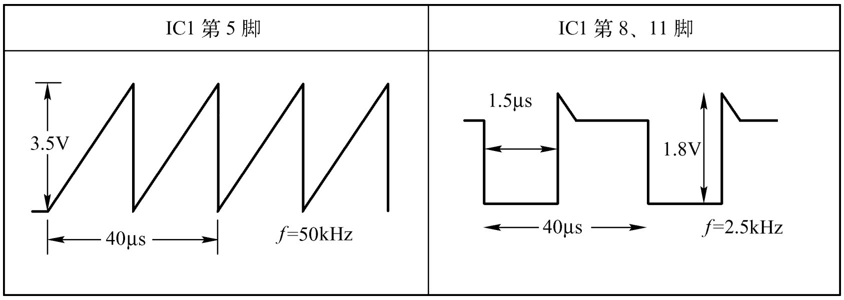


图 4-29 测试波形参考 2

四、练习与思考

请针对出现的故障，确定维修检测方案。

五、拓展训练

（一）PWM 芯片为 TL3842 的 36V 电动自行车充电器的检修

（1）故障现象：无充电电压输出

首先检查 C3 上有无 310V 直流电压，若无且 BX 未熔断，多数是电源电路（如 L、D1 ~ D4、RT 等）有开路故障。而 BX 熔断，可能为电源电路有短路情况或 V1 击穿所致。

如果有 310V 电压，则存在较多的故障原因，如 IC1 未起振等，应查 IC1 的工作状态。先查 IC1 的 7 脚有无 20V 左右的电压、8 脚有无 5V 基准电压；然后查其余各脚在空载情况下的电压，正常时 3 脚为 0V、4 脚为 2V、6 脚为 0.5V。而 2、1 脚受控于 IC2 的 4 脚电压，在空载时 2 脚为 3.8V、1 脚为 1V 左右。若上述相符，则 IC1 等基本正常。应查 T 次级 N3、D7 有无开路等。

（2）故障现象：电池长时间充不满

此时两个指示灯之一亮，应检查电池本身及输出插头接触是否良好。若指示灯不亮，而输出电压较低，可能是 IC1 工作不正常或 V1 不良导致的，可在空载情况下测 IC1 各脚电压，若正常再查输出部分。如 R26 虚焊，会使 V5 取样电压时高时低，IC2 的 1、2 脚电压时高时低，此时脉宽也时宽时窄，导致输出电流不恒定，因而电池久充不满。

（二）PWM 芯片为 3842 的 48V 电动自行车充电器的检修

（1）故障现象：有元器件烧毁等严重情况

此现象说明电路有严重短路之处，从电源输入端入手。检测 C1 上电压，若无 300V 电压，多数为 C1 或 D1 ~ D4 之一发生了短路。

首先检查由 4 只二极管构成的全桥整流电路，再检测二极管的正向压降，正常数值在 0.5 ~ 0.8V 之间。随后检查滤波电容 C1 等，利用万用表电阻挡在路即可找出故障元器件。

（2）故障现象：无充电电压输出，连空载时也无输出

此故障的检修重点在电源输入和变换部分。首先测 C1 上有无 310V 直流电压，然后检查 PWM 芯片及周边元器件电路，最后检测开关管部分。

注意：如发现 Q1 烧毁，更换后不能马上试机，还要检查 300V 滤波电容 C01 是否断脚漏液，是否有电阻开路，输出整流管是否短路。如果是雷击或 300V 跳火至 5V 电路引起的，还需更换 LM324 、TL3842，而不必测量其是否损坏。

（3）故障现象：充电电压很低，但空载有电压输出

此现象表明电源输入和变换部分正常，故障在他激部分。此时测 C15 有无 5V 电压，若无，则是 D10、N4 回路不通，或 D10 短路。如有 5V 电压，可能为 U2 不良。过流、过压取样电路失去取样电压；C3 漏电严重等导致他激脉冲很窄甚至无他激脉冲。

检测 U1 可测 7 脚、5 脚、8 脚对地电压，6 脚波形，如检测不正常应更换 U1。

检测注意点：

① 电路高压地和低压地是分开的。

② 3842 的供电脚 7 脚和 8 脚 5V 基准都是固定的稳定电压值。除 7 脚和 5 脚外其他脚一般不要用万用表去带电测量，否则可能会引起干扰而炸机。

附录 A

IPC 620 部分标准摘录

1　绪言

1.1　范围

本标准是由电缆组装协会和电子连接产品委员会协商制定的有关电缆组装的外观接受标准。若没有定义过程检验和成品检验的标准，IPC/WHMA－A－620 可单独作为产品的检验标准文件。它指定了制程控制或者允许修理/返工的有缺点的产品，这些信息建议需要通过统计制程控制计划去提高（参考 IPC－9191）。

1.2　目的

本标准主要讲解电缆组装的压接，可靠性，焊接和一些标准的连接方式的可接受的标准。并不意味着这个标准包括了所有电子连接产品的接受标准，可是组装产品的方式必须与本标准的可接受要求一致。

1.3　插图和术语

本标准中的插图描绘了每节中主题的含义，大部分的主题都有插图。在这个标准中为不同的产品零件定义了不同的术语。标准的目的是，电缆组装和电线组装的术语可以通用。

1.4　特殊设计

IPC/WHMA－A－620 只是一个行业标准，并不能包含所有的设计。然而它为通用产品提供了工艺标准。若使用不通用的或特殊的工艺，可以建立唯一的接受标准。这个唯一的接受标准应该包含客户要求或允诺，并且应该包括每个特性可接受的标准。若有可能，新的标准或产品的特殊标准应该提交标准改进表格到 IPC 委员会，以便 IPC 委员更新版本。

1.5　术语和定义

术语和定义都源于 IPC－T－50。为了便于对标准的理解，附录有详细的解释。

Shall or Must—对于所有产品等级的要求或属性是强制性的。

Should—作为建议，是为通用行业的实际操作和程序做指导。

Wire Diameter—指外径，是内导体加绝缘层的外径。

1.6　产品等级

客户有职责鉴别哪个等级是接受的。因而接受或拒收的决定必须根据相关的标准，例如：合同，图样，规格，标准和参考文件。在此标准中有三个产品等级，分别如下：

等级 1　一般电子产品

产品在完成组装后的主要功能就是应用。

等级 2　专用电子产品

产品要求在超出生命周期继续可以使用，并且能够无事故运行，特点是最终用户的环境不会导致产品被损坏。

等级 3　高科技电子产品

对于产品的使用是极其严格的，不允许有设备停机，最终用户的环境是极其不寻常的，设备的功能也要达到要求，如生命周期要求和其他的特殊要求。

1.7　标准等级

若标准有冲突，按照下列先后顺序选用。

1. 统一客户和供应商的标准。
2. 样图和组装图要体现客户的详细要求。
3. 将 IPC/WHMA－A－620 提供给客户或体现在合同上。
4. 客户的特殊要求。

IPC/WHMA－A－620 中一些要求不同于其他工业标准如 IPC－A－610 和 IPC/EIA J－STD－001，当 IPC/WHMA－A－620 被指定在合同中作为检验和/或接受的标准，焊接电子的标准 IPC/EIA J－STD－001 和电子组装接受标准 IPC－A－610 不能被使用，除非是个别地和特殊的要求。如果 IPC/WHMA－A－62，IPC/EIA J－STD－001，IPC－A－610 或者还有其他相关的标准一起被引用时要按照合同中被定义的先后顺序选用。

使用者（客户）可以指定替代的接受标准。

1.8　工具和设备控制

每个制造商必须做好以下工作：

a　选择工具用于压接，切线，剥皮，捆绑，测量，检验和在准备的工作场所达到预计的功能。

b　清洁和适当的维护工具和设备。

c　检测工具的性能，防止有形损失。

d　防止未被确认的，有缺陷的，未校验的工具进入工作场所。

e　要有文件详细规定工具和设备校验或设置的操作程序和维护周期。

f　工具和设备的校验或功能测试要有记录。

按照 ANSI/NCSL Z540－1 或其他国内的或国外的标准，制造商必须建立校验体系。这个标准至少必须包含以下内容：

a　测量标准适用于需要校验的工具，必须可追溯到官方的标准。校验工具必须在工具适宜的环境中进行。

b　校验间隔必须根据工具的类型和校验记录。间隔时间延长或缩短必须根据以前的校验记录的稳定性来决定。

c　必需的相关程序。

d　必须保存校验记录。

e　工具上的标签必须包含以下内容：

- 校验日期。
- 校验的有效日期。
- 使用的局限性。若工具上不可以贴标签，则标签必须贴在装工具的盒子上或作为文件在程序中规定。
- 工具鉴别。

1.9 物理特性

本接受标准是基于组装的外观标准。外观标准可以补充在产品组装过程中的测量特性中（例如：通/止规，拉力测试，扭力测试）。标准中不被要求包含尺寸测量（例如：绝缘层的延伸率，焊接带的比例，压端子的高度和终端的比例）除非客户有要求。

若描述，标准和插图有差异，要以描述和标准为主。

1.10 不良和让步接受

特性或条件不能与标准的要求一致时，要通过检验或分析判断是不良还是让步接受。让步接受的实物会被跟踪，但不会被处理（见 1.11.3）。

使用者的职责是在产品中定义唯一的不良品的目录。制造商的职责是在组装过程中确定唯一的不良和让步接受的标准。

1.11 检验条件

此标准为不同等级的产品列举了目标，接受和不良的条件，让步接受也被列入其内。在检验时，检验员不必为组装而选择产品接受的等级。此标准会提供产品接受的等级给检验员，条件如下：

1.11.1 目标

此种状态接近完美。这是个理想状况，不一定都能达到，可以不必要确保达到该级别的组装要求。

1.11.2 接受

条件是不必要求完美，但产品在工作环境中要保持组装的完整性和稳定性。

1.11.3 让步接受

让步接受的条件是不影响产品的构成、安装、功能或稳定性。

- 如材料，设计，操作工或机器引起的情况既不达到接受标准也不是不良品。
- 让步接受应该在过程控制中建立跟踪系统。如让步接受是指在过程中的失控，如反常变更，鉴别不良的倾向，或其他，必须要分析工艺。分析结果可以减少变更和提高产量。
- 对于让步接受的处理是指在不影响产品的情况下可以使用。
- 过程控制方法是对制造过程的计划，实现和评估中使用电子焊接或电子组装，原理，战略贯彻，工具和工艺可以运用于特殊的公司，操作或最终产品要求的相关工艺控制和性能。制造商需要对最近的工艺控制或持续改进计划进行评估。

1.11.4 不良

不良是不符合标准的接受条件，和在最终的使用环境中组装的构成，安装，功能或稳定性有缺陷。制造商必须对每个不良进行处理，并有文件支持。

1.11.5 处理

处理的定义是如何对待不良品。处理方式包括，但不仅限于返工，让步接受，报废或修理。对于让步接受应该同时通知客户。

1.11.6 产品等级的涵义

若等级 1 是不良品，那就是指等级 2 和 3 也是不良品。若等级 2 是不良品，那就是指等级 3 也是不良品，但不意味着等级 1 产品是不良品，除非有另外的要求。

1.11.7 没有指定的状态

没有特别指定的有缺陷的状态或者制程控制的状态可以被认为是接受的，除非能确定此状态影响最终用户定义的产品构成、安装、功能和可靠性。

1.12 电气间隙

只要有可能电器间隙应该是最大值在两个导体之间。导体间最小间隙最小，导电材料间和导体应该在图纸或相关文件中被定义。在样图上应该定义如何使用混合电压在相同的组装，特殊的区域和适当的间隔。若不按照这个标准设备操作会有问题，并且在高压或高功率的情况下，会有潜在的损害和火灾。

尽管可以按照设计/图纸要求的最小绝缘间隙组装，但最小绝缘间隙可能影响组装的方法，例如，不正确方向的没有绝缘皮的裸端子或者特长的电线的外套/焊接接头的尾巴有方向的接近一个不带电的普通导体能影响最小距离。

电气绝缘间隙定义了非绝缘带电的部分或者带电的部分和范围，在最短的点到点的距离，最小绝缘间隙取决于电压的等级和其正常的功率，如果其他地方没有提到最小绝缘间隙值的话，表 A-1（军标除外 MIL－E－917）可以作为一个参考。

表 A-1 电气间隙

电　压	组	间　隙
0～64	A B C	1.6mm[0.062in] 3.2mm[0.125in] 3.2mm[0.125in]
64～150	A B C	1.6mm[0.062in] 3.2mm[0.125in] 6.4mm[0.25in]
150～300	A B C	1.6mm[0.062in] 3.2mm[0.125in] 6.4mm[0.25in]
300～600	A B C	1.6mm[0.062in] 3.2mm[0.125in] 6.4mm[0.25in]
600～1000	A B C	3.2mm[0.125in] 6.4mm[0.25in] 12.7mm[0.5in]
1000～3000	A B C	50mm[2in]
3000～5000	A B C	75mm[3in]

A＝正常操作电压额定值为 0～50V；

B＝正常操作电压额定值为 50～2000V；

C＝正常操作电压额定值为超过 2000V。

1.13　测量单位和应用

所有的尺寸，公差和其他的测量方式（温度，重量，拉力等）在标准中被表示成公制。尺寸和公差的单位用毫米，当使用毫米位数太多可以用微米替代。摄氏度是温度的单位，克是重量的单位，硬度可以用公制或英制单位。测两次圆的值会得到不同的值。在程序中制定单位的优先级。

1.14　尺寸的验证

实际测量特殊部件数值和焊锡带的尺寸和指定的百分率是不需要的除非客户指定。为了统一标准，所有的特殊限制在 ASTM E29 都有定义。

1.15　视觉检验

1.15.1　灯光

在工作区域内照明应该达到最小 1000 流明/m^2，这个标准可以使操作员和检验员能够很好地完成他们的工作。1000 流明/m^2大致等同于 100 英尺 – 朗伯，使用一个摄像的曝光表在测量。

1.15.2　放大镜

根据表格 A – 2 放大镜可以用于目检工艺过程和组装完成品的检验。选择放大镜放大倍数的公差一般选择 15%（也就是 15% 到 30% 之内选择），放大镜用于检验需要适当的放在工艺过程中，有的地方会超出 100 英尺 – 朗伯。不同线经的电缆要选择不同的放大倍数，按照表 A–2 应用。

表 A–2　放大装置

	用于目检工艺过程	用于成品检验
导线直径	放大倍数	放大倍数
>14AWG* >2.0mm[0.081inch]	不适用	1.75X
14～22AWG 1.6～0.63mm[0.064 – 0.025inch]	1.75X	4X
<22AWG <0.63mm[<0.025inch]	4X	10X

*AWG：American wire gauge 美国线规，是一种区分导线直径的标准。

放大镜只是用来在检验时确认产品是否被拒收。若不同线径的电缆组装在一起，可以（但不是必须要这样）选用高一级的放大倍数检验完整的组装。

1.16　静电放电（ESD）保护

在组装时按照 ANSI/ESD – S20.20 – 1999 或其他标准，对于要静电放电的组成部分或灵敏的部件必须要做保护。

1.17　工艺/处理

在组装和检验期间，要确保产品的完整。不适当的处理会很容易将部件和组装损坏（例如：裂纹，碎裂，零部件或接头损坏，电缆内导体损坏，端子折弯或损坏）。这些损伤会毁坏整个组装或零部件。

1.18　清洁

按照标准在组装产品应该清除外来异物（包括，但不仅限于电缆碎屑、绝缘残留物）。

2 参考文献

2.1 IPC

IPC－9191　统计工艺控制的通用标准。

IPC－T－50　连接器和电子产品包装的术语和定义。

IPC－CH－65　打印和组装过程中清洁的标准。

IPC－A－610　电子产品的接受标准。

IPC－TM－650　检测方法手册。

2.2 连接行业的标准（ANSIJ－STD）

IPC/EIAJ－STD－001　焊接电子品和电子组装的标准。

2.3 美国军方（军用的）

MIL－E－917　电子功率设备的基本要求。

2.4 美国国家标准协会（ANSI）

ANSI/NCSL Z540－1－1994。

2.5 ESD 协会

ANSI/ESD－S20.20－1999 ESD 此标准有关电子部件，组装和设备保护的控制程序。

3 准备工作

这部分主要是为电缆组装过程中所需的组成部分准备提供需求与接受标准。

3.1 导体损伤

目标　等级 1，2，3

- 导体没有划伤，缺口，被切断或者其他损伤（见图 A-1、图 A-2）。

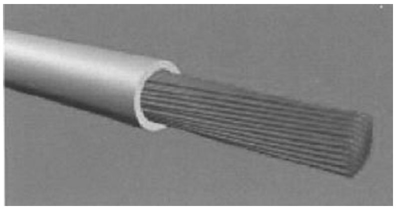


图 A-1

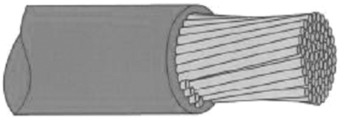


图 A-2

接受　等级 1

让步接受　等级 2，3

- 导体划伤，缺口和被切断的程度（见图 A-3（1）处）不能超出表 A-3 所列的标准。

拒收　等级 1，2，3

- 划伤，缺口或被切断的导体程度超出表格 A-3 所列的标准。

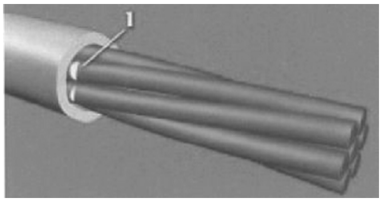


图 A-3

表 A-3　电缆/导体损伤的标准

导体数量（根）	对于等级 1 和 2 的导线有划伤，缺口和切断的最大范围	对于等级 3 铆压端子可以接受导线有划伤，缺口和切断的最大范围	对于等级 3 焊接端子可以接受导线有划伤，缺口和切断的最大范围
<7	0	0	0
7 ~ 15	1	0	1
16 ~ 25	3	0	2
26 ~ 40	4	3	3
41 ~ 60	5	4	4
61 ~ 120	6	5	5
>121	6%	5%	5%

注意 1：表中电缆/导体损伤的标准不同于 IPC - A - 610 和 IPC/EIA - J - STD - 001 中的标准（参见 1.7）。
注意 2：线材使用条件电压在 6kV 或以上，不可有损伤。

3.2　导体变形

目标　等级 1，2，3

① 导体没有被压扁、分叉，打结，扭结或者其他变形（见图 A-4）。

接受　等级 1，2，3

② 导体在剥皮过程中绞乱但可恢复到原来的排列位置（见图 A-5）。

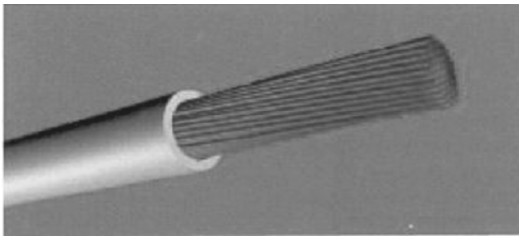


图 A-4

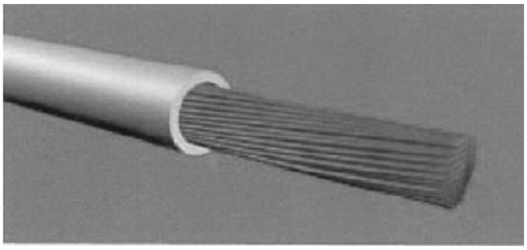


图 A-5

3.3　导体分离（像鸟笼）

目标　等级 1，2，3

① 导体没有分离（见图 A-6）。

接受　等级 1，2，3

② 导体有分离（像鸟笼）但是不超过以下较小值：

- 一个导体的直径。
- 导体没有超出绝缘层外径之外。

接受　等级 1

让步接受　等级 2

拒收　等级 3

③ 导体分离超出一个导体的直径但没有超出电缆绝缘层的外径（见图 A-7）。

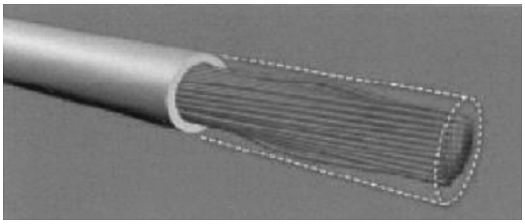


图 A-6

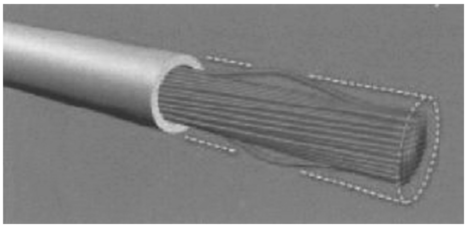


图 A-7

接受　等级 1

拒收　等级 2，3

④ 导体没有保持正常的旋转角度。

⑤ 导体有分离并且延伸到超过绝缘层的外径之外（见图 A-8）。

拒收　等级 1，2，3

⑥ 导体扭结

3.4　损伤绝缘

目标　等级 1，2，3

① 绝缘层被切的整齐且没有被收缩，变长，碎屑，变色，腐蚀或烧伤（见图 A-9）。

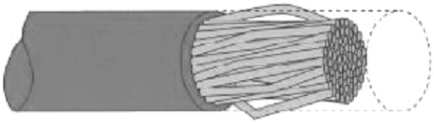


图 A-8

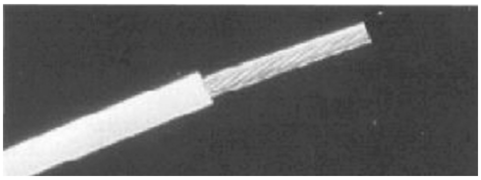


图 A-9

接受　等级 1，2，3

② 绝缘层经过剥皮后有轻微均衡的印痕（见图 A-10）。

③ 绝缘层的厚度减少不超过 20%。

④ 绝缘层的不平整度要小于绝缘层外径的 50% 或者小于 1mm（0.039in）。

⑤ 绝缘层在剥皮过程中产生变色。

图 A-10

拒收　等级 1，2，3

⑥ 绝缘层被切到或损伤。

⑦ 绝缘层的厚度减少超过 20%（见图 A-11、A-12）。

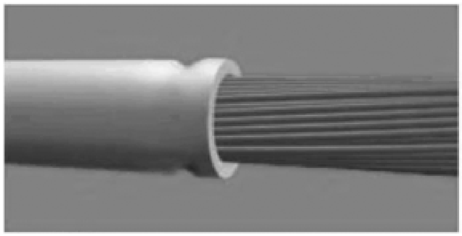


图 A-11

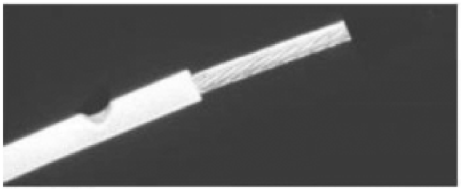


图 A-12

⑧ 绝缘层的不平整度大于绝缘层外径的 50% 或者或 1mm（0. 039in）（见图 A－13）。

⑨ 绝缘层烧焦（见图 A－14）。

⑩ 绝缘层熔到导体里。

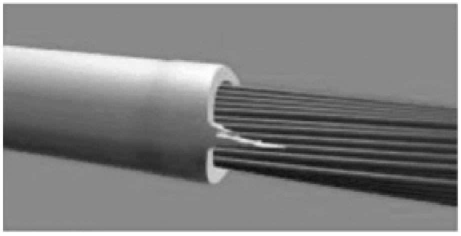


图 A－13

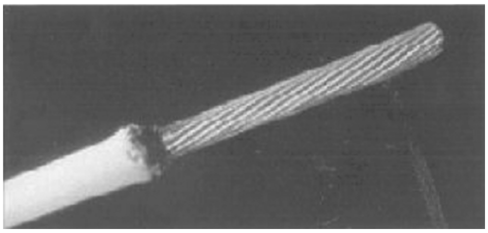


图 A－14

4　线材处理—沾锡

目的　先沾锡以确保被锡焊的芯线形成一个统一的、可焊性的表面。多股芯线沾锡有一个附加的好处：能将单股的芯线沾在一起，以使整个的芯线能够焊在端子上或附件的焊点上，而不是单股的芯线外露。

注：对于螺牙快速连接和铆压连接的线材而言，无须沾锡（见图 A－15）。

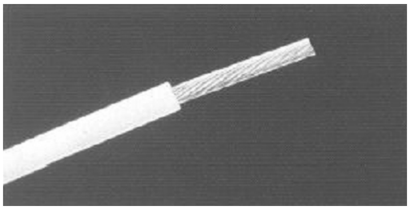


图 A－15

等级 2 和 3

- 芯线需要焊锡的部分，装配前要沾锡。
- 锡液应沾到整个沾锡部分，并渗透到内部的芯线。
- 沾锡过程中，锡液上浸至绝缘层部分，只要线材保持原有的柔韧性，少量的锡液上浸是允许的。
- 沾锡后锡面应光滑，轮廓应分明。

允收　等级 1、2、3

- 沾锡的芯线表面是均匀光滑的。
- 沾锡的股线表面也应是均匀的，且能轻易地分辨出单股芯线来。
- 距离绝缘层未沾锡部分的长度不超过一个线材的直径。

制程控制　等级 2、3

- 分辨不出股线，但不会妨碍焊锡成型、适配、功能或稳定性。

拒收　等级 2、3

- 组装前股线未被沾锡。

拒收　等级 1、2、3

- 芯线表面有针孔、缺口或部分没有被沾锡。

拒收　等级 3

- 距离绝缘层未沾锡部分的长度超过一个线材的直径。

5. 端子压接

一个标准元器件和电线末端连接是通过端子来连接完成的，铆压就是完成这种连接的一种方式。一个好的末端连接要既能满足机械性能上的要求，又能满足电气性能需求。

除基本要求要点外，我们还不能破坏电镀层，也不能有端子变形，因为有端子变形就会有摩擦力和压力阻止端子和与其连接的接头连接，也使端子的连接片不能完全的和与其连接的接头锁紧。

导体不能为了适合端子而被切断或修剪，导体不应该前部镀锡，除非特别指定。

所有的铆压均应遵守厂方提供的要求，即铆高，拉拔力测试等，无需使用指定的工具，为便于完全理解，可以参考连接器或端子厂家的需求用法说明，所有的端子铆压需遵守工业要求，如 EIA（electronic industries association 电子工业联合会），IEC（国际电工联合会），NEMA（国际电器制造业协会），UL（美国进口标准）或其他设计所指定的标准。

5.1 铆压的外形要求

此标准同样适合带绝缘皮的端子。

导体铆压区，打端区和绝缘支持区都有着不同的结构。另外，可能还有另外绝缘层在零件上或者所有的铆压区域。图 A-16 和图 A-17 可以看做是典型的铆压外形要求。

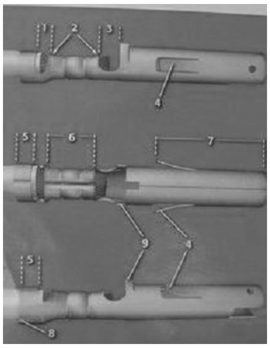


图 A-16

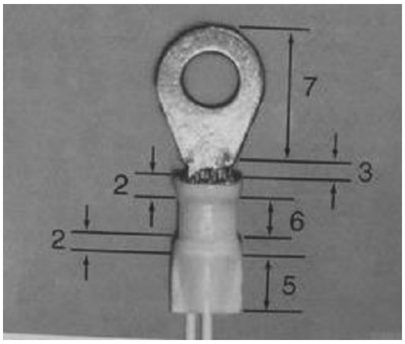


图 A-17

当一根电线有多根芯线时，每一根芯线所接受的标准和单根电线铆压所接受的标准是一样的，一根线的装置或多根线和端子或连接必须遵守厂家对一根导线的规定，即线的全部面积不能超过指定端子圆面积规格。

5.1.1 绝缘支持铆压

目标 1，2，3 级

- 绝缘完全包住并延伸到绝缘的铆压片（见图 A-18）。
- 如果是多股线则应该所有线都应该穿过的绝缘的铆压片。
- 绝缘皮处的铆压不能切断或破坏绝缘（见图 A-19）。

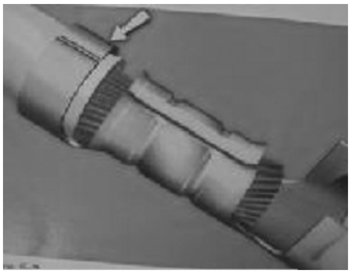


图 A-18

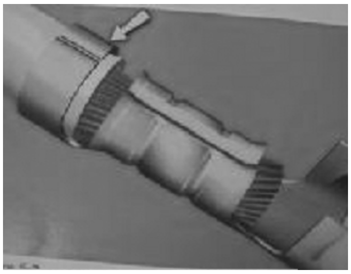


图 A-19

- 绝缘铆压片完全包住并支撑绝缘皮。
- 绝缘端子铆压，绝缘铆压均匀的形成并在不伤及绝缘的基础上使其和导线的连接紧密（见图 A–20）。
- 绝缘皮被绝缘铆压片所刺穿，但没有接触到导体（见图 A–21）。

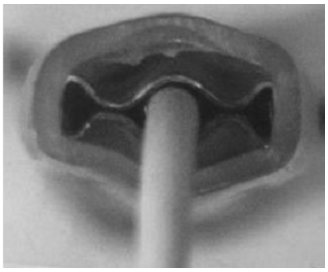


图 A–20

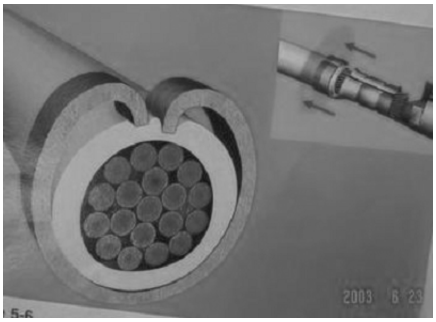


图 A–21

1 级　接受

2 级　制程控制

3 级　拒收

2，3 级　接受的情况有（见图 A–22）：

- 铆压片使绝缘面微小变形但不会使导线绝缘皮切断，损坏，冲击或割掉。
- 绝缘铆压片给导线绝缘面提供最小 180°的支持并且两个铆压片与导线的绝缘皮的顶部靠在一起。

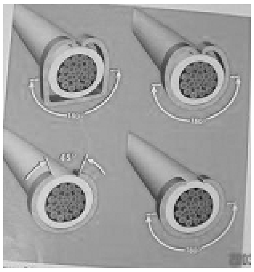


图 A–22

- 铆压片环绕但不会在顶部相遇，可是会形成一个 45°的开角或更接近顶部。
- 绝缘端子外的绝缘套应在铆压后贴紧端子。

1 级　接受

2，3 级制程控制

- 绝缘端子，有不规则的绝缘外形，在不损伤绝缘情况下为绝缘导线提供支持（见图 A–23和图 A–24）。

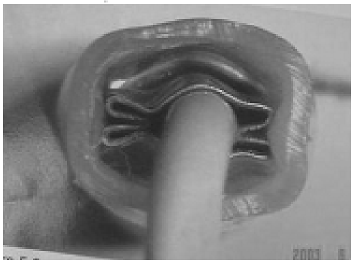


图 A–23

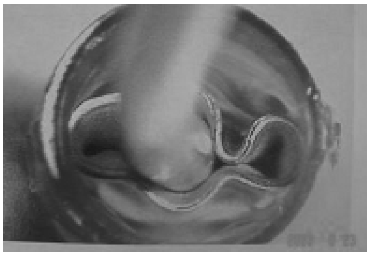


图 A–24

1，2，3 级　拒收

- 铆压片穿过绝缘皮而且接触到导体（见图 A–25）。
- 绝缘铆压片没有在绝缘周围提供最小 180°的支持（见图 A–26）。

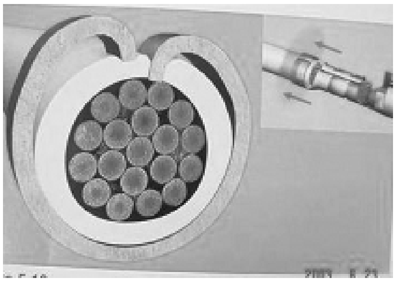


图 A-25

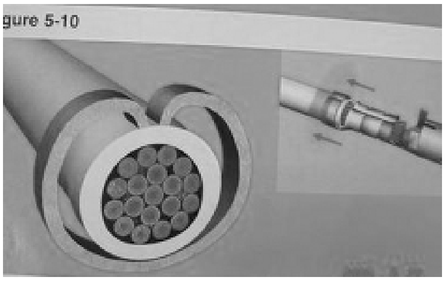


图 A-26

- 铆压片环绕但会形成一个大于 45°的开角在顶部（见图 A-27）。
- 两块铆压片环绕但没有压到绝缘皮（见图 A-28）。

图 A-27

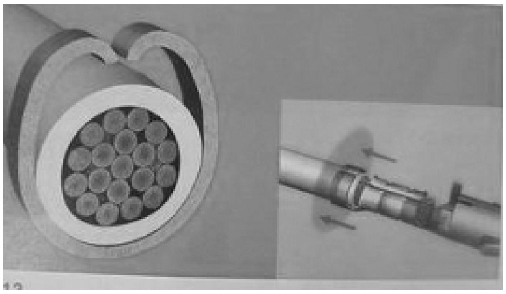


图 A-28

- 中心导体在绝缘铆压区（见图 A-29、图 A-30）。

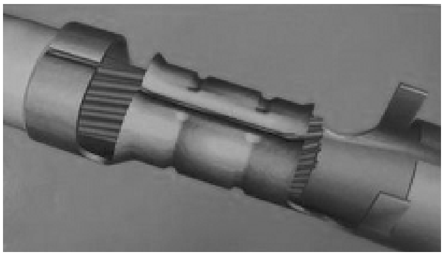


图 A-29

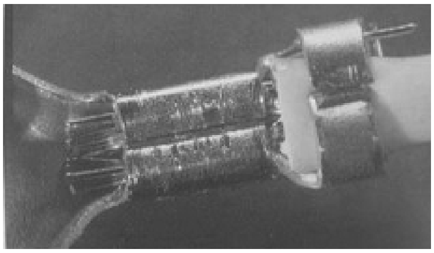


图 A-30

5.1.2 绝缘检查窗口

如图 A-31、图 A-32 所示在绝缘检查窗口鉴别。

目标 1，2，3 级

- 绝缘皮和导体线在检查窗的中间位置。

1 级 接受

2，3 级 制程控制

- 绝缘皮平齐但没有进入导线的铆压区域（见图 A-32（1）处）。
- 绝缘皮与绝缘铆压片检察窗口的边平齐但是没有进入到检查窗口的区域（见图 A-32（2）处）。

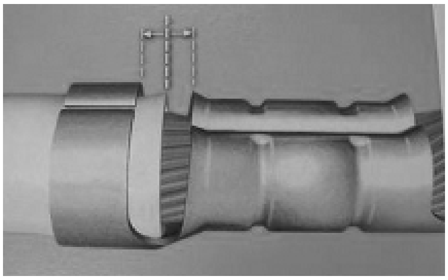


图 A-31

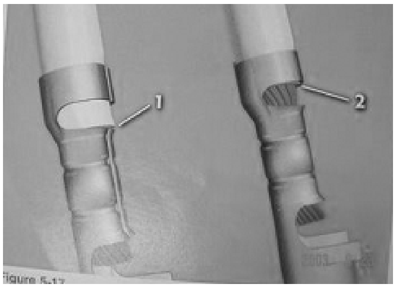


图 A-32

2，3 级　接受

- 绝缘和导体在检查窗都可见（见图 A-33）。

1，2，3 级　拒收

- 绝缘皮延伸到导体铆压区域（见图 A-34，箭头所指的绝缘终端在铆压区域内）。
- 绝缘皮和导体的交接线在绝缘铆压范围内（见图 A-35，箭头所指的绝缘终端在铆压区域内）。

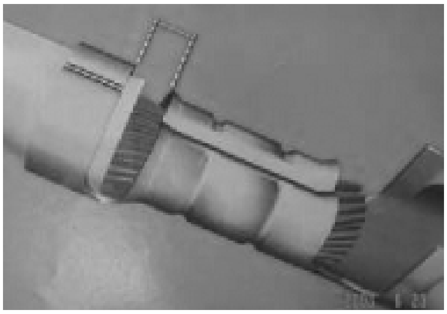


图 A-33

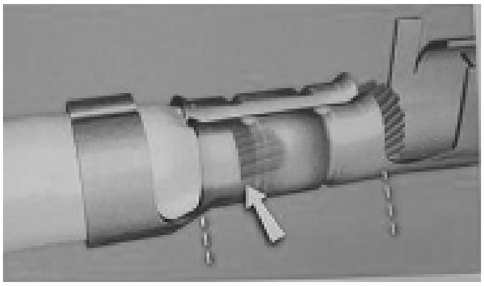


图 A-34

5.1.3　导体铆压

图 A-36 所指为导体铆压区域。

目标　1，2，3 级

- 没有绝缘在导体铆压区域。
- 导体延伸到平齐区域的中间。
- 没有导线断开，折返到铆压区域，或没有被导体铆压片所压住。

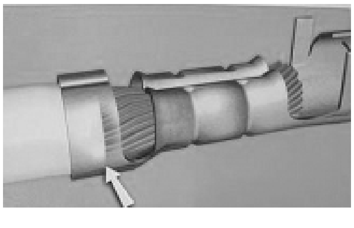


图 A-35

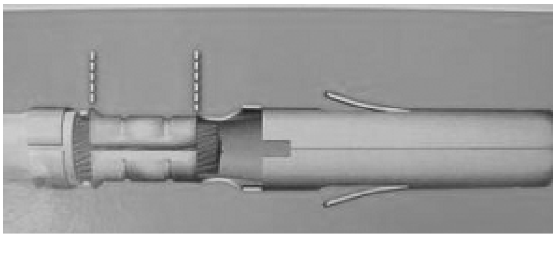


图 A-36

- 在铆压区域的铆压中心有正确的喇叭口。
- 铆压印痕统一并按照厂家要求连接。
- 在铆压后没有香蕉状的变形。
- 锁片没有变形或损坏。
- 导线没有扭曲，断线或改变以适合端子。

可接受的　1，2，3

- 没有绝缘皮在导体铆压区域。
- 导体终端在平齐检察窗口可见。
- 没有导线断开，折返到铆压区域，或没有被导体铆压片所压住。
- 铆压印痕规则而且达到厂家要求。
- 连接有微小的变形如香蕉状但是不影响结构，装配，功能和可靠性。
- 锁片没有变形或损坏。
- 填充线，如果指定了，必须在绝缘铆压区内而不能在绝缘拉边之外。
- 如果设计需要导体返折到铆压区域，并且这切线的折叠终端在“刷子检查窗口”可见，喇叭口完全可见。

1，2 级　接受，3 级　制程控制

- 连接有微小的变形但是不会影响到结构，装配，功能或可靠性。

注意：一个铆压测试实验是最终接受所必需的。

1 级　接受，2，3 级　制程控制

- 导体在导体铆压区域的终端平齐（见图 A–37）。
- 铆压印痕不统一但是不会影响到结构，装配，功能或可靠性（见图 A–38）。

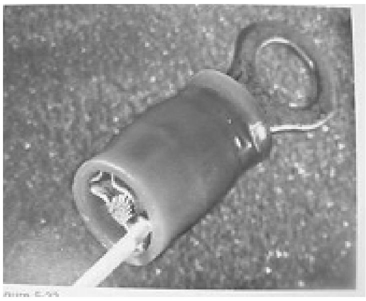


图 A–37

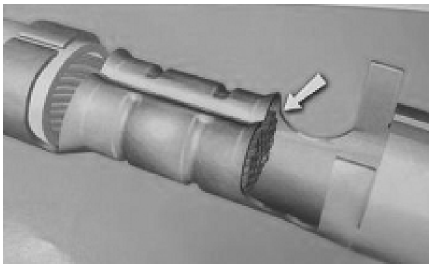


图 A–38

1 级　接受，2，3 级　拒收

- 填充导线延伸到绝缘拉片之外（见图 A–39）。

1，2，3 级拒收

- 绝缘皮延伸到导体铆压区域（见图 A–40，箭头所指方向在铆压区域内）。
- 导体没有延伸到铆压区域外并在喇叭口的平齐边缘终端不可见（见图 A–41 和图 A–42）。
- 端子或连接的变形（香蕉状）影响到结构，装配，功能或可靠性（见图 A–43）。
- 在铆压区域外有未压到的导线，折返的线和多余的线（见图 A–44）。

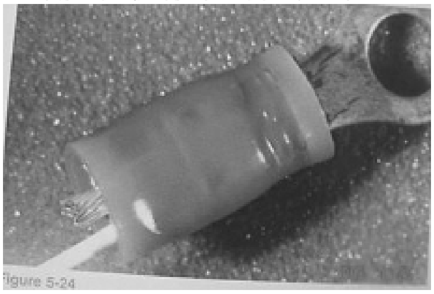


图 A-39

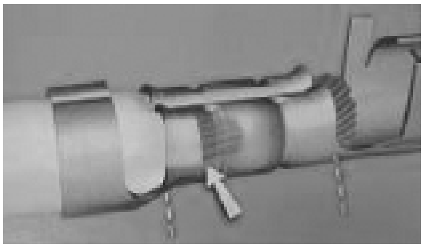


图 A-40

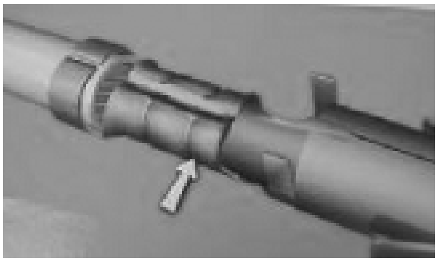


图 A-41

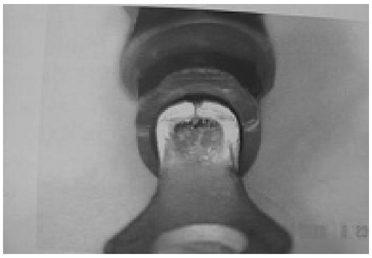


图 A-42

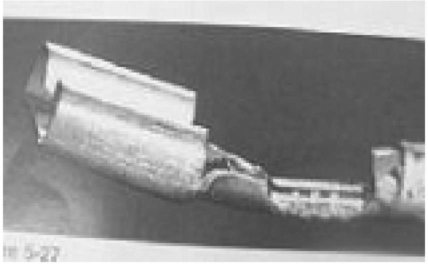


图 A-43

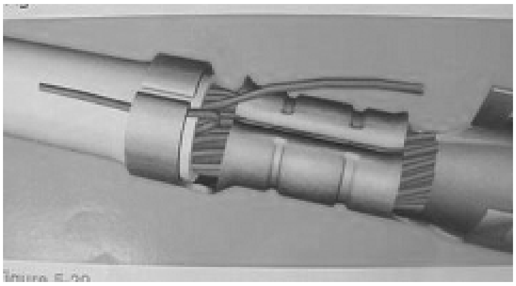


图 A-44

5.1.4　铆压口/喇叭口

喇叭口区区域是图 A-45 中导体铆压区域的一部分。

目标　1，2，3 级

- 在每一个导体铆压区的两个终端都有喇叭口。
- 喇叭口高度一般是到导体边的完全距离是端子/连接的金属厚度的 2 倍（见图 A-46）。

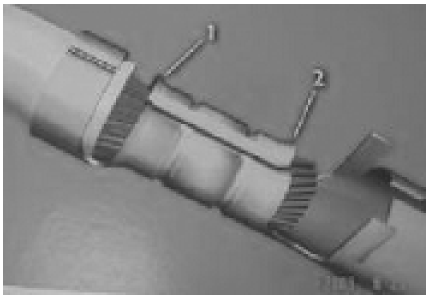


图 A-45

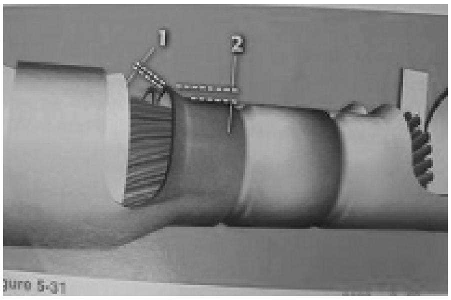


图 A-46

可接受的 1，2，3 级

● 喇叭口只在导体插入的终端图 A-47 中（1）处有，而铆压终端的导体平齐处无喇叭口（见图 A-47 中（2））。

● 喇叭口在导体进入处可见但是小于金属厚度的 2 倍。

拒收 1，2，3 级

● 在导体插入处的终端没有喇叭口（见图 A-48 中（1）处）。

● 铆压后喇叭口过大或尺寸不足（见图 A-48 中（2）处）。

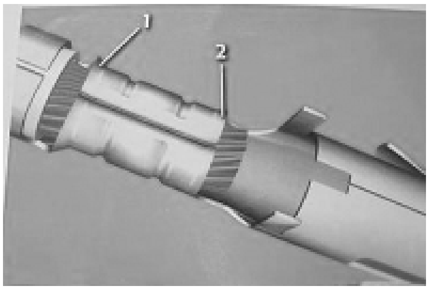


图 A-47

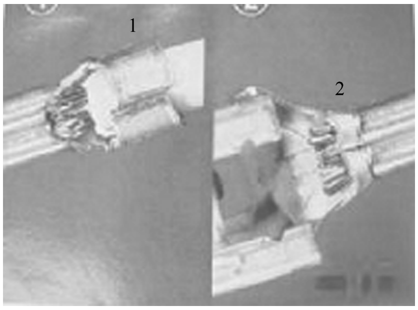


图 A-48

5.1.5 铆压平齐

图 A-49 所示为导体平齐区。

目标 1，2，3 级

● 导线通过导体铆压区后有轻微的突起并形成“导体平齐的刷子形状”。

● 导线聚集在一起形成平齐一并不会张开。

1 级 可接受，2，3 级 制程控制

● 导线没有突出但和铆压终端平齐（见图 A-50 中（1）处）。

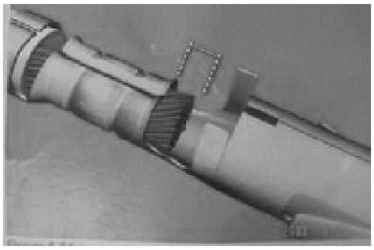


图 A-49

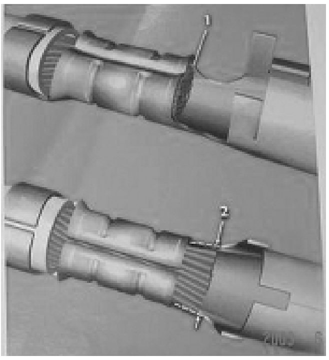


图 A-50

可接受 1，2，3 级

● 导线在超出导体铆压区后，张开但没有散开到端子外面（见图 A-50 中（2）处）。

● 导线延伸出带绝缘皮端子的铆压终端（见图 A-51）。

1 级 接受 2，3 级 拒收

● 有导线延伸到端子之外（见图 A-52、图 A-53）。

图 A-51

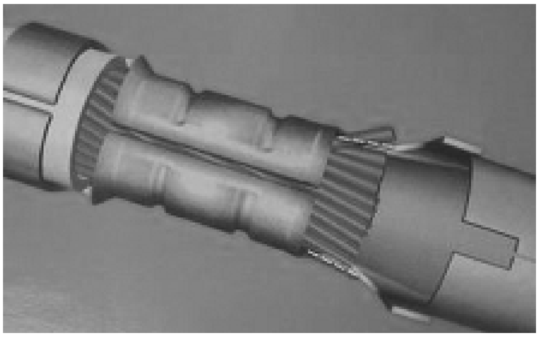


图 A-52

● 导线延伸到端子连接区（见图 A-54、图 A-55）。

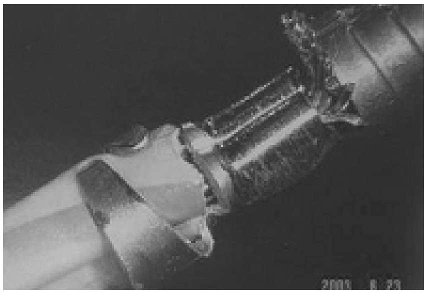


图 A-53

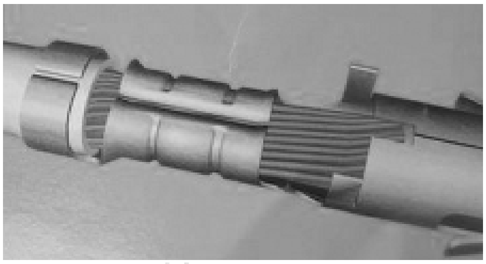


图 A-54

1, 2, 3 级　拒收

● 绝缘端子的绝缘皮破坏，并金属底材外露（见图 A-55）。

5. 1. 6　残余料带

图 A-56 所指为导线进入后残余料带的终端，它是许多类型端子的交互面的终端。

1, 2, 3 级　接受

● 连接器或端子没有损伤。

● 残余料带不会影响连接器/端子的完全连接。

2, 3 级　制程控制

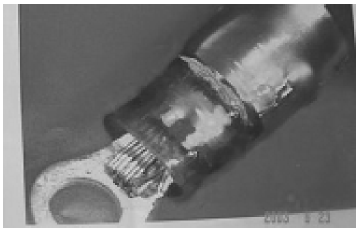


图 A-55

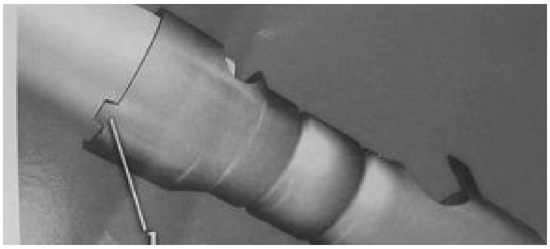


图 A-56

- 残留料带长度大于 2 倍的端子材料厚度，但不影响装配（见图 A-57）。

1，2，3 级　拒收

- 残余料带片的长度大于其金属厚度的 2 倍（见图 A-58）。
- 除去残余料带时损伤到连接或端子。
- 连接插入到连接器后残余料片突起。
- 残余料片影响和接头的完全连接。
- 没有残余料片且连接/端子损坏。

注意：连接/端子需有连接结构，装配，功能和使用需求，一个连接试验是最终承认所必需的。

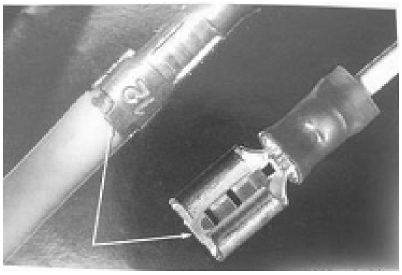


图 A-57

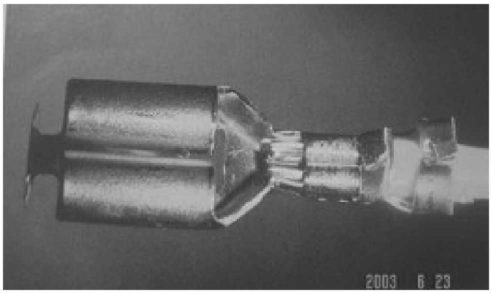


图 A-58

附录 B

ADS1000 系列数字存储示波器

一、初步了解 ADS1000 的前面板和用户界面

1. 前面板

前面板上包括旋钮和功能按键（见图 B-1）。显示屏右侧的一列 5 个灰色按键为菜单操作键，通过它们可以设置当前菜单的不同选项。其他按键为功能键，通过它们可以进入不同的功能菜单或直接获得特定的功能应用。图 B-2 所示为 ADS1000 界面显示区。

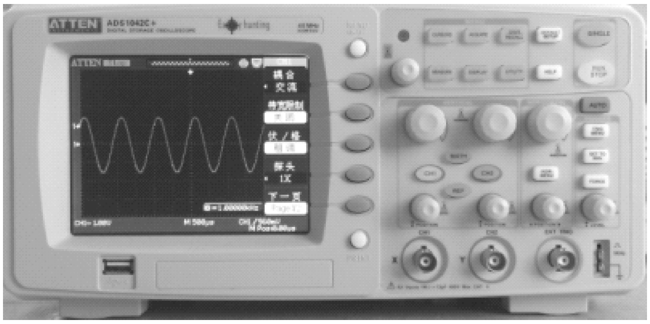


图 B-1　ADS1000 操作面板图（宽屏）

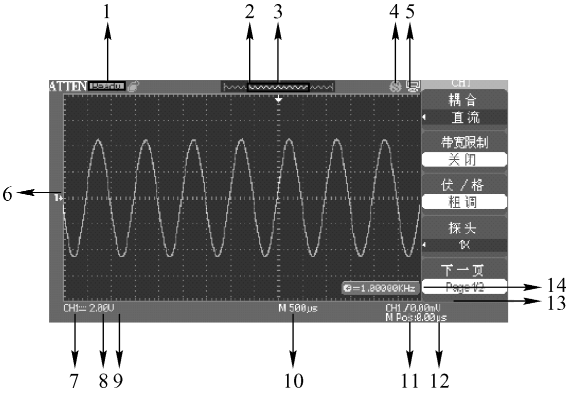


图 B-2　ADS1000 界面显示区

① 触发状态。

Armed：已配备。示波器正在采集预触发数据。在此状态下忽略所有触发。

Ready：准备就绪。示波器已采集所有预触发数据并准备接受触发。

Trig’d：已触发。示波器已发现一个触发并正在采集触发后的数据。

Stop：停止。示波器已停止采集波形数据。

Stop：采集完成。示波器已完成一个“单次序列”采集。

Auto：自动。示波器处于自动模式并在无触发状态下采集波形。

Scan：扫描。在扫描模式下示波器连续采集并显示波形。

② 显示当前波形窗口在内存中的位置。

③ 使用标记显示水平触发位置。旋转水平“POSITION”旋钮可调整标记位置。

④ P “打印钮”选项：选择“打印图像”。

S “打印钮”选项：选择“储存图像”。

⑤ 计算机图标：“后 USB 口”设置为“计算机”。

打印机图标：“后 USB 口”设置为“打印机”。

⑥ 显示波形的通道标志。

⑦ 信号耦合标志。

⑧ 以读数显示通道的垂直刻度系数。

⑨ B 图标表示通道是带宽限制的。

⑩ 以读数显示主时基设置。

⑪ 采用图标显示选定的触发类型。

⑫ 以读数显示水平位置。

⑬ 用读数表示“边沿”脉冲宽度触发电平。

⑭以读数显示当前信号频率。

2. 仪器背部

ADS1000 系列数字示波器提供丰富的标准接口，灵活地连接示波器。ADS1000 背部接口如图 B-3 所示。

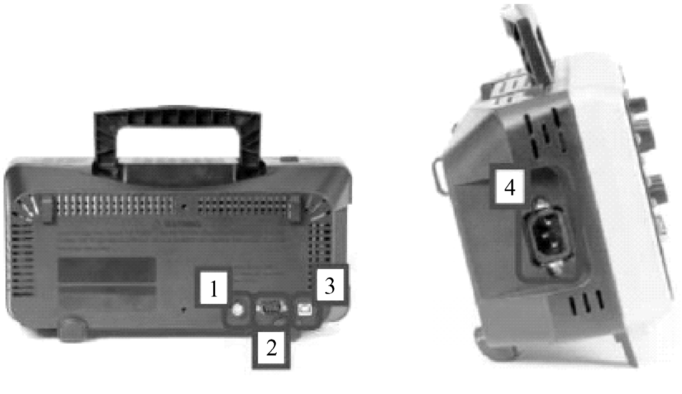


图 B-3　ADS1000 背部接口

① Pass/Fail 输出口：输出 Pass/Fail 检测脉冲。

② RS－232 连接口：连接测试软件或波形打印（速度稍慢）。

③ USB Device 接口：连接测试软件或波形打印（速度快）。

④ 电源输入接口：三孔电源输入。

二、功能介绍及操作

1. 菜单和控制按钮

ADS1000 面板操作区如图 B-4 所示。

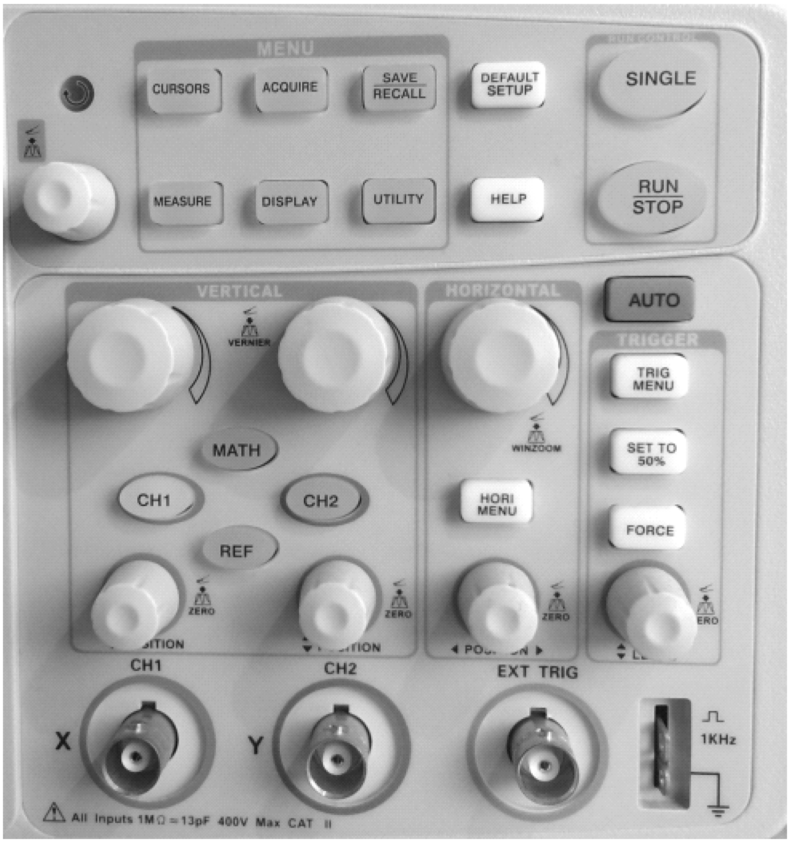


图 B-4　面板操作区

① CH1、CH2：显示通道 1、通道 2 设置菜单。

② MATH：显示“数学计算”功能菜单。

③ REF：显示“参考波形”菜单。

④ HORI MENU：显示“水平”菜单。

⑤ TRIG MENU：显示“触发”控制菜单。

⑥ SET TO 50%：设置触发电平为信号幅度的中点。

⑦ FORCE：无论示波器是否检测到触发，都可以使用“FORCE”按钮完成当前波形采集。主要应用于触发方式中的“正常”和“单次”。

⑧ SAVE/RECALL：显示设置和波形的“储存/调出”菜单。

⑨ ACQUIRE：显示“采集”菜单。

⑩ MEASURE：显示“自动测量”菜单。

⑪ CURSORS：显示“光标”菜单。当显示“光标”菜单并且光标被激活时，“万能”

旋钮可以调整光标的位置。离开“光标”菜单后，光标保持显示（除非“类型”选项设置为“关闭”），但不可调整。

⑫ DISPLAY：显示“显示”菜单。

⑬ UTILITY：显示“辅助功能”菜单。

⑭ DEFAULT SETUP：调出厂家设置。

⑮ HELP：进入在线帮助系统。

⑯ AUTO：自动设置示波器控制状态，以产生适用于输出信号的显示图形。

⑰ RUN/STOP：连续采集波形或停止采集。注意：在停止的状态下，对于波形垂直挡级和水平时基可以在一定的范围内调整，相对于对信号进行水平或垂直方向上的扩展。

⑱ SINGLE：采集单个波形，然后停止。

2. 垂直系统

如图 B-5 所示，在垂直控制区（VERTICAL）有一系列的按键、旋钮。

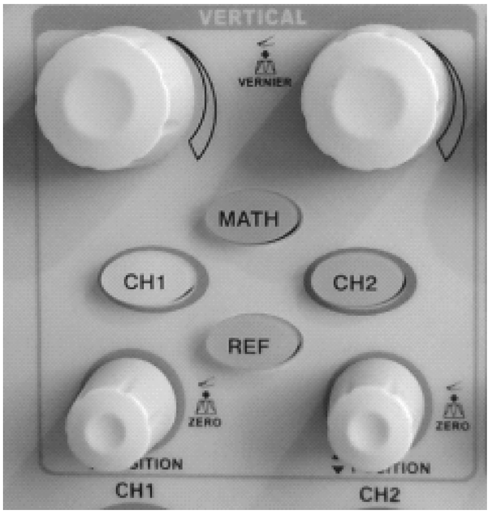


图 B-5 垂直控制区

可以使用垂直控制来显示波形、调整垂直刻度和位置。每个通道都有单独的垂直菜单，每个通道进行单独设置。

CH1、CH2、MATH、REF 按钮：屏幕显示对应通道的操作菜单、标志、波形和挡级信息。

取消波形：要取消一个波形，可按下菜单按钮 CH1 或 CH2，以便通道显示它的垂直菜单。再次按下菜单按钮就可以取消波形。

（1）CH1、CH2 通道的设置

每个通道有独立的垂直菜单，每个项目都按不同的通道单独设置。

① 设置通道耦合。以 CH1 通道为例，被测信号是一个含有直流偏置的正弦信号：

- 按“CH1”→“耦合”→“交流”，设置为交流耦合方式。被测信号含有的直流分量被阻隔，如图 B-6 所示。

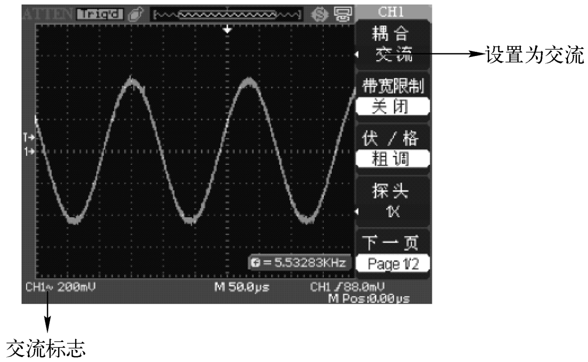


图 B-6　设置为交流

- 按“CH1”→“耦合”→“直流”，设置为直流耦合方式。被测信号含有的直流分量和交流分量都可以通过，如图 B-7 所示。

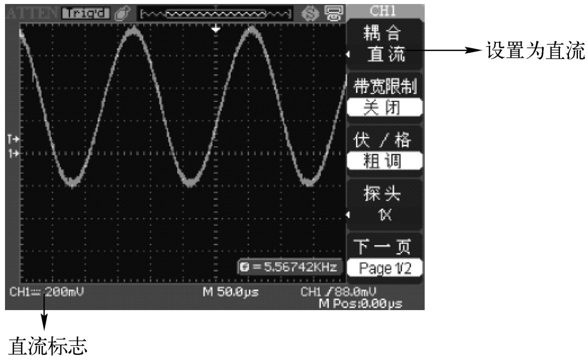


图 B-7　设置为直流

- 按“CH1”→“耦合”→“接地”，设置为接地方式。被测信号含有的直流分量和交流分量都被阻隔，如图 B-8 所示。

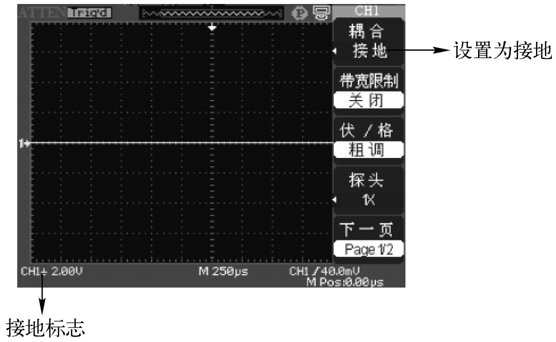


图 B-8　设置为接地

② 挡级调节设置。垂直挡级调节分为粗调和细调两种模式，设置为 X1 无衰减时垂直挡级范围为 2mV/div ~ 5V/div 或 2mV/div ~ 10V/div。

以 CH1 通道为例介绍如下。

- 按“CH1”→“伏/格”→“粗调”，粗调以 1－2－5 方式步进确定垂直灵敏度，如图 B–9所示。

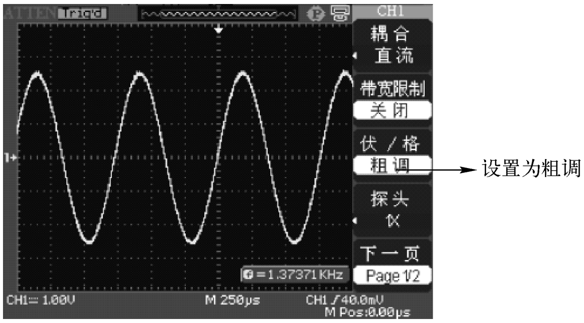


图 B–9　设置为粗调

- 按“CH1”→“伏/格”→“细调”，细调在当前垂直挡级内进一步调整，如图 B–10 所示。

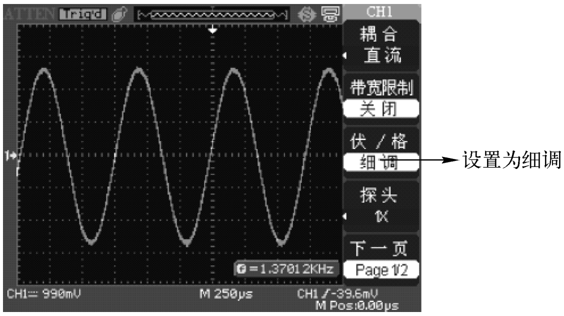


图 B–10　设置为细调

如果输入的波形幅度在当前挡级略大于满刻度，而应用下一挡级波形显示幅度稍低，可以应用细调改善波形显示幅度，以利于观察信号细节。

③ 波形反相设置 。以 CH1 通道为例介绍。

- 按“CH1”→“反相”→“关闭”，如图 B–11 所示。

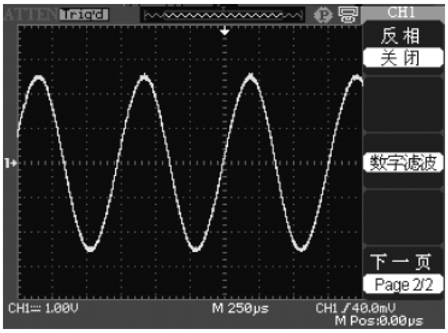


图 B–11　设置为反相关闭

- 按“CH1”→“反相”→“开启”，显示的信号相对于地电位翻转 180°，如图 B-12 所示。

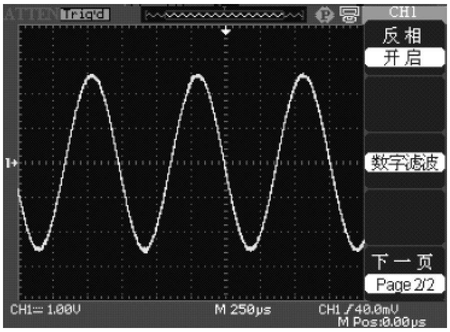


图 B-12　设置为反相

(2) 垂直系统的垂直“POSITION”旋钮和“Volt/div”旋钮的应用

① 垂直“POSITION”旋钮。

- 此旋钮用于调整所有通道（包括 MATH）波形的垂直位置。这个控制钮的分辨率根据垂直挡级的变化而变化。
- 调整通道波形的垂直位置时，屏幕在左下角显示垂直位置信息。例如：

“Volts Pos = 24. 6mV”。

- 按下垂直“POSITION”旋钮可使垂直位置归零。

②“Volts/div（伏/格）”旋钮。

- 可以使用“Volts/div”旋钮调节所有通道的垂直分辨率控制器放大或衰减通道波形的信源信号。旋转“Volts/div”旋钮时，状态栏对应的通道挡级显示发生了相应的变化。
- 当使用“Volts/div”旋钮的按下功能时可以在“粗调”和“细调”间进行切换，粗调是以 1－2－5 方式步进确定垂直挡级灵敏度。顺时针增大，逆时针减小垂直灵敏度。细调是在当前挡级进一步调节波形显示幅度。同样顺时针增大，逆时针减小显示幅度。

3. 水平系统

如图 B-13 所示，在水平控制区（HORIZONTAL）有一个按键、两个旋钮。

“HORI MENU”按钮：按“HORI MENU”按钮显示“HORI MENU”水平菜单，在此菜单下可以“开启/关闭”窗口模式。此外，还可以设置水平“POSITION”旋钮的触发位移。

垂直刻度的轴为接地电平。靠近显示屏右下方的读数以秒为单位显示当前的水平位置。M 表示主时基，W 表示窗口时基。示波器还在刻度顶端用一个箭头图标来表示水平位置。

图 B-13　水平控制区

(1) 水平控制旋钮

使用水平控制钮可改变水平刻度（时基）、触发在内存中的水平位置（触发位移）。屏

幕水平方向上的中心是波形的时间参考点。改变水平刻度会导致波形相对于屏幕中心扩张或收缩。水平位置改变波形相对于触发点的位置。

① 水平“POSITION”旋钮。

- 调整通道波形（包括 MATH）的水平位置（触发相对于显示屏中心的位置）。这个控制钮的分辨率根据时基的变化而变化。
- 使用水平“POSITION”旋钮的按下功能可以使水平位置归零。

②“S/div”旋钮。

- 用于改变水平时间刻度，以便放大或缩小波形。如果停止波形采集（使用“RUN/STOP”或“SINGLE”按钮实现），“S/div”控制就会扩展或压缩波形。
- 调整主时基或窗口时基，即秒/格。当使用窗口模式时，将通过改变“S/div”旋钮改变窗口时基而改变窗口宽度。
- 连续按 S/div 旋钮可在“主时基”，“视窗设定”，“视窗扩展”选项间切换。

扫描模式显示：当“S/div”控制设置为 100ms/div 或更慢，且触发模式设置为“自动”时，示波器就进入扫描采集模式。在此模式下，波形显示从左向右进行更新。在扫描模式期间，不存在波形触发或水平位置控制。用扫描模式观察低频信号时，应将通道耦合设置为直流。

（2）视窗扩展

视窗扩展用来放大一段波形，以便查看图像细节。窗口模式时基设定不能慢于主时基的设定。在窗口区可以通过转动水平“POSITION”旋钮左右移动，或转动“S/div”旋钮扩大和减小选择区域。注意：窗口时基相对于主时基提高了分辨率，因此转动“S/div”旋钮减小选择区域可以提高窗口时基，即提高了波形的水平扩展倍数。

若要观察局部波形的细节，可执行以下步骤（见图 B-14）：

① 按“HORI MENU”按钮，显示“水平”菜单。

② 按“视窗设定”选项按钮或打开延迟扫描功能。

③ 旋转 S/div 旋钮（调节窗口的大小）和旋转“水平 POSITION”旋钮（调节窗口的位置）选定要观察的波形的窗口，窗口时基不能慢于主时基。

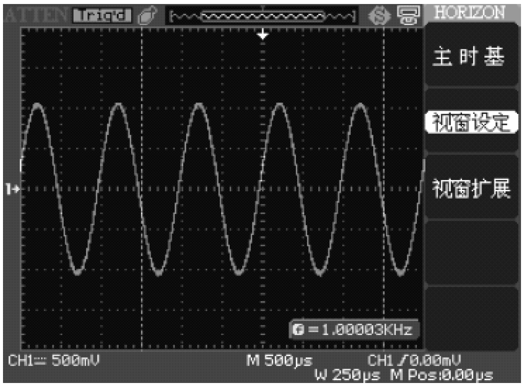


图 B-14　视窗设定

窗口设定好后按下“视窗扩展”按钮。此时选定窗口的波形被扩展到满屏来显示。

4. 触发系统

触发器将确定示波器开始采集数据和显示波形的时间。正确设置触发器后，示波器就能将不稳定的显示结果或空白显示屏转换为有意义的波形。

如图 B-15 所示，在触发控制区（TRIGGER）有一个旋钮、三个按键。

“TRIG MENU”按钮：使用“TRIG MENU”按钮调出“触发菜单”。

“LEVEL”旋钮：触发电平设定触发点对应的信号电压，以便进行采样。按下“LEVEL”旋钮可使触发电平归零。

“SET TO 50%”按钮：使用此按钮可以快速稳定波形。示波器可以自动将“触发电平”设置为大约是最小和最大电压电平间的一半。当把信号连接到“EXT TRIG”BNC 并将信源设置为“EXT”或“EXT /5”时，此按钮很有用。

“FORCE”按钮：无论示波器是否检测到触发，都可以使用“FORCE”按钮完成当前波形采集。主要应用于触发方式中的“正常”和“单次”。

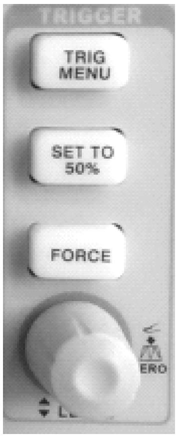


图 B-15　触发控制区

预触发/延迟触发：触发事件以前/后采样的数据。

触发位置通常设定在屏幕的水平中心。在全屏显示情况下，可以观察到预触发和延迟信息。可以旋转水平“POSITION”旋钮调节波形的水平位移，查看更多的预触发信息或者延迟触发信息。

通过观察触发数据，可以了解触发以前的信号情况。例如捕捉到电路产生的毛刺，通过观察和分析预触发数据，可能会查出毛刺产生的原因。注意：慢扫描状态下，预触发和延迟触发无效。

（1）信源

可使用“信源”选项来选择示波器用作触发源的信号。信源可以是连接到通道 BNC、外部触发 BNC 或交流电源线（仅用于“边沿”触发）的任何信号。

（2）类型

示波器提供五种触发类型：边沿、脉冲、视频、斜率和交替。

- 边沿触发：当触发输入沿给定方向通过某一给定电平时，边沿触发发生。
- 脉冲触发：设定一定的条件捕捉异常脉冲。
- 视频触发：对标准视频信号进行场或行视频触发。
- 斜率触发：斜率触发可对示波器设置的指定时间的正斜率或负斜率触发。
- 交替触发：选择交替触发时，触发信号来自于两个垂直通道，此方式可用于同时观察两个不相关的信号，可为两个通道信号选择不同的触发类型。可选择的触发类型为边沿、脉冲、视频、斜率。两通道的触发类型及触发电平信息显示在屏幕的右下角。

（3）耦合

可使用“耦合”选项确定哪一部分信号将通过触发电路，这有助于获得一个稳定的显示波形。

要使用触发耦合，可按下“TRIGGER”按钮，选择一个“边沿”或者“脉冲”触发，然后在“设置”菜单里选择一个“耦合”选项。

(4) 位置

“水平位置”控制可确定触发位置与显示屏中心之间的时间。可以调整“水平位置”控制来查看触发前、触发后或触发前后的波形数据。改变波形的水平位置时，实际上改变的是触发位置和显示屏中心之间的时间。

5. 显示系统

如图 B-16 所示，“DISPLAY”为显示系统的功能按键。

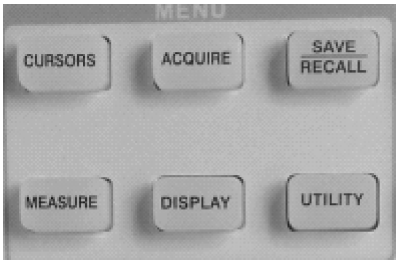


图 B-16　显示系统控制区

(1) 设置波形显示类型

按 DISPLAY 按钮，进入显示菜单。按“类型”选项按钮选择“矢量”或“点”。

(2) 设置持续

按“持续”选项按钮，选择“关闭”、“1 秒”、“2 秒”、“5 秒”或“无限”。利用此选项可以观察一些特殊波形。

(3) 设置波形亮度

按“波形亮度”选项按钮，旋转“万能”旋钮可调节波形的显示亮度。

(4) 设置网格亮度

按“网格亮度”选项按钮，旋转“万能”旋钮可调节网格的显示亮度。

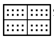
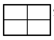
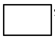
(5) 设置显示格式

按“下一页 Page2/3”选项按钮，进入第二页显示菜单。按“格式”选项按钮选择“YT”或“XY”。

(6) 设置屏幕

按“屏幕”选项按钮选择“正常”或“反相”，来设置屏幕的颜色。

(7) 设置网格

按“网格”选项按钮选择“”、“”或“”，来设置屏幕是否显示网格。

(8) 设置菜单显示

按“菜单显示”选项按钮选择“2 秒”、“5 秒”、“10 秒”、“20 秒”或“无限”，来设置菜单在显示屏上保持显示的时间长度。

(9) 设置界面方案

按“界面方案”选项按钮或旋转“万能”旋钮来选择所喜欢的界面显示风格。

附录 C

ATF ××B 系列 DDS 函数信号发生器

一、快速入门

1. 前面板

ATF × ×B 系列 DDS 函数信号发生器前面板如图 C-1 所示，按键的中英对照见表 C-1。

图 C-1　前面板

表 C-1　按键中英对照表

英文	Channel	Sweep	MOD	Burst	SK	Counter	TTL	Utility
中文	单频	扫描	调制	触发	键控	计数	TTL	系统
英文	Sine	Square	Ramp	Pulse	Noise	Arb	Output/Trigger	Output/Trigger
中文	正弦波	方波	三角波	脉冲	噪声	任意波	A 输出/触发	B 输出/触发

2. 显示说明

ATF × ×B 系列 DDS 函数信号发生器显示界面如图 C-2 所示。各功能区说明如下：

A 路波形参数显示区：左边上部为 A 路波形示意图及设置参数值。

B 路波形参数显示区：中间上部为 B 路波形示意图及设置参数值。

参数区：左边中间为参数的三个显示区。

单位菜单：最下边一行为输入数据的单位菜单。

图 C-2 显示界面

3. 键盘说明

仪器前面板上共有 38 个按键，可以分为五类。

（1）功能键

“单频”、“扫描”、“调制”、“触发”、“键控”、“TTL”键，分别用来选择仪器的十大功能。

“计数”键，用来选择频率计数功能。

“系统”键，用来进行系统设置及退出程控操作。

“正弦”、“方波”、“三角波”、“脉冲波”、“噪声”、“任意波”键，用来选择波形。

“A 输出/触发”、“B 输出/触发”键，用来开关 A 路或 B 路输出信号，或触发 A 路、B 路信号。

（2）选项软键

屏幕右边有 5 个空白键〖 〗，其键功能随着选项菜单的不同而有所变化，称为选项软键。

（3）数据输入键

0、1、2、3、4、5、6、7、8、9 键，用来输入数字。

. 键，用来输入小数点。

－键，用来输入负号。

（4）单位软键

屏幕下边有 5 个空白键〖 〗，其定义随着数据的性质不同而变化，称为单位软键，数据输入之后必须按单位软键，表示数据输入结束并开始生效。

（5）方向键

◀、▶键，用来移动光标指示位，转动旋钮时可以加减光标指示位的数字。

▲、▼键，用来步进增减 A 路信号的频率或幅度。

二、使用说明

1. 输出正弦波

输出一个频率为 50kHz、幅值为 5Vpp、偏移量为 1VDC 的正弦波，其操作步骤如下。

（1）设置频率值

选择→频率/周期→频率。

使用数字键盘输入“50”→选择单位“kHz”→50kHz。

（2）设置幅度值

幅值/高电平→幅值。

使用数字键盘输入“5”→选择单位“Vpp”→5Vpp。

（3）设置偏移量。

偏移量/低电平→偏移量。

使用数字键盘输入“1”→选择单位“Vdc”→1Vdc。

按照上述步骤进行设置后，信号发生器的显示屏如图 C-3 所示。

图 C-3　输出正弦波

2. 输出方波

输出一个频率为 50kHz、幅值为 5Vpp、偏移量为 1VDC、占空比为 60% 的方波波形。其操作步骤如下。

（1）设置频率值

选择→频率/周期→频率。

使用数字键盘输入“50”→选择单位“kHz”→50kHz。

（2）设置幅度值

选择幅值/高电平→幅值。

使用数字键盘输入“5”→选择单位“Vpp”→5Vpp。

（3）设置偏移量

选择偏移量/低电平→偏移量。

使用数字键盘输入“1”→选择单位“Vdc”→1Vdc。

(4) 设置占空比

选择占空比。

使用数字键盘输入“60”→选择单位“%”→60%。

按照上述步骤进行设置后，信号发生器的显示屏如图 C-4 所示。

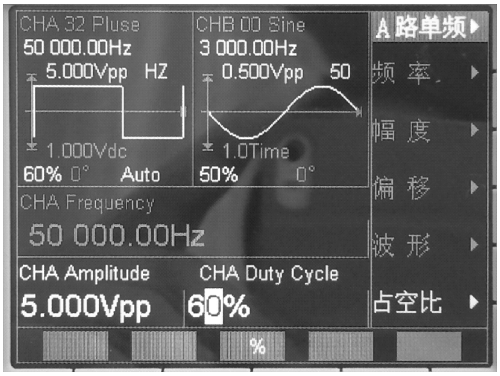


图 C-4　输出方波

参 考 文 献

［1］薛金梅．图解维修电动自行车充电器和控制器快速入门［M］．北京：机械工业出版社，2010.
［2］刘遂俊．图解电动自行车充电器与控制器维修全流程［M］．北京：电子工业出版社，2010.
［3］张天富．电子产品装配与调试［M］．北京：电子工业出版社，2012.
［4］张友桥．电子产品组装与检验［M］．北京：高等教育出版社，2011.
［5］王成安．电子产品生产工艺实例教程［M］．北京：人民邮电出版社，2009.
［6］李雄杰．电子产品维修技术［M］．北京：电子工业出版社，2009.
［7］朱国平．电子产品制作工艺与操作实训［M］．北京：电子工业出版社，2009.
［8］叶华杰．电子产品测试技术［M］．北京：电子工业出版社，2012.